

Mantenimiento

ISSN 2357-6340

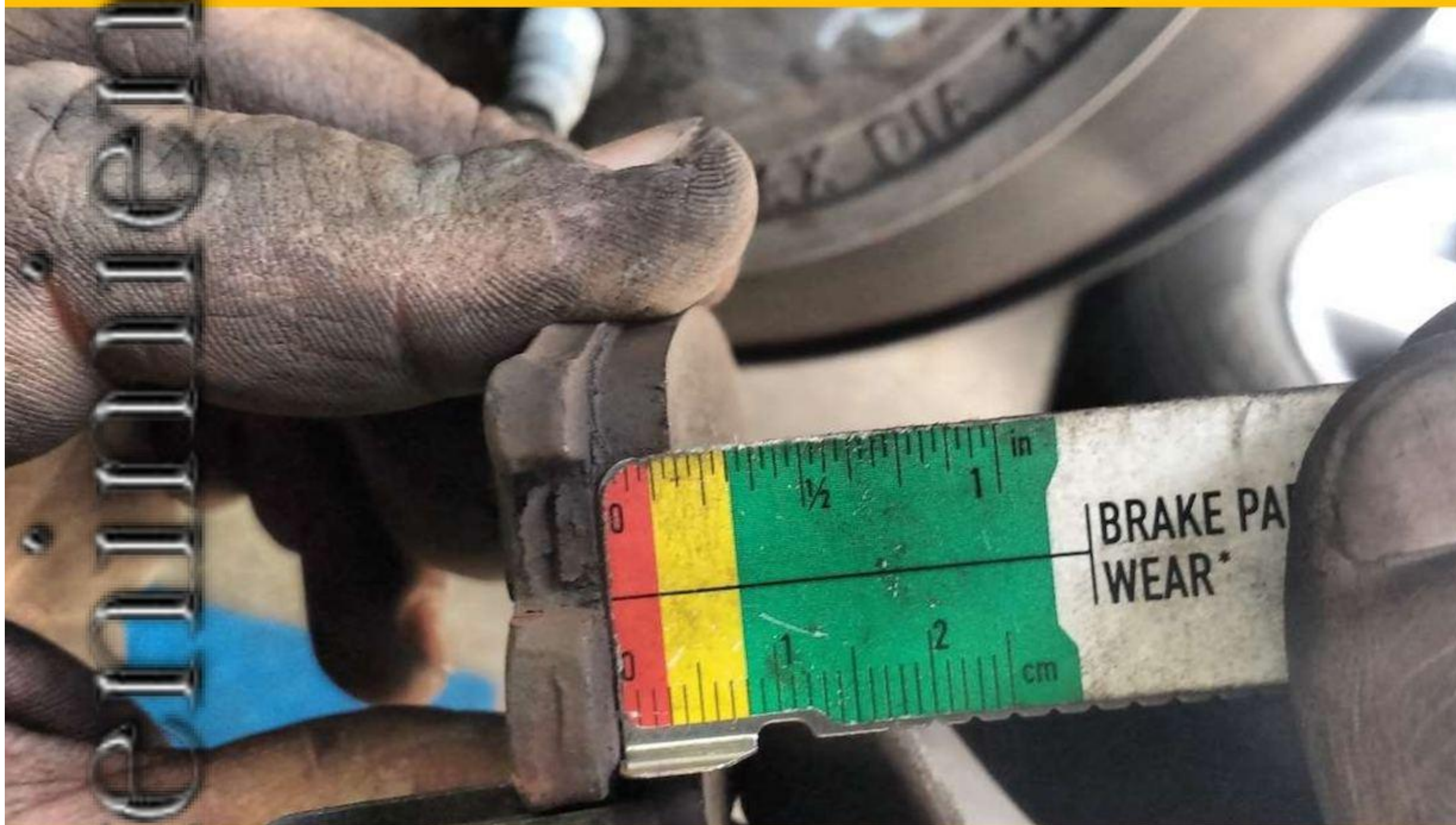


en Latinoamérica

La Revista para la Gestión Confiable de los Activos

Volumen 8 N°3

Julio – Agosto 2016



Las organizaciones actualmente se encuentran sometidas a fuerzas externas que Normalmente hay muchas cosas para mejorar en nuestra gestión de mantenimiento. Pero ¿Cuáles son? ¿Cómo saber dónde están las oportunidades? Todos los días trabajamos para ser mejores. Sin embargo al mirar nuestros indicadores encontramos que sí, que lo estamos haciendo bien, pero ¿estamos mejorando?



Certifícate como
Profesional en Gestión
de Activos y
Mantenimiento
PGAM

Vía WEB
En tu idioma
Las veces que requieras
Hasta el nivel que requieras

Informes e Inscripciones

www.pgamlat.com





MÁCTICA

Mantenimiento en la Práctica

¿Conoces algún lugar donde encuentres TODA la información que necesitas para Gestionar eficientemente tu Mantenimiento, al alcance de tu mano, tu tiempo y tu bolsillo?

Con tu afiliación a MÁCTICA recibirás lo siguiente:

- ✓ Cursos básicos de mantenimiento
- ✓ Sala de Juntas
- ✓ Grupo privado de Facebook (Exclusivo para personas de mantenimiento)
- ✓ Capacitación para Certificación como PGAM
- ✓ Cursos On Line de profundización
- ✓ Biblioteca de Mantenimiento:
- ✓ Consultoría en Línea
- ✓ Consulta de proveedores
- ✓ Autoevaluación de la gestión de Mantenimiento

Inscripciones en

www.mactica.club



Afiliación Estudiante

MES/ COP \$50.000 + IVA

AÑO/ COP\$500.000 + IVA



Afiliación Profesional

MES/ COP \$60.000 + IVA

AÑO/ COP\$700.000 + IVA



Afiliación Empresarial

MES/ COP \$180.000 + IVA

AÑO/ COP\$2.100.000 + IVA

Pedro Silva Consultores & Mantonline SAS

Contenido



EL ASENTAMIENTO EN LAS MÁQUINAS

6



TRES SECRETOS PARA OPTIMIZAR SU GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO

10



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS
DE MANTENIMIENTO TPM, RCM, PMO Y
PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE UNA DE
ELLAS EN EL TÚNEL FERNANDO GÓMEZ MARTÍNEZ

12



LOS INDICADORES BRASILEÑOS DE
MANTENIMIENTO UN BENCHMARKING PARA
TODO EL MUNDO

18



ANÁLISIS DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE RLM

24



IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS
CONFIABILIDAD DESDE EL DISEÑO ALINEADA A LA
GESTIÓN DE ACTIVOS ISO 55000 (Primera parte)

30

Editorial

Al momento de realizar el mantenimiento de los activos hay que tener presentes muchos aspectos; enfocarnos en el cliente, entender el contexto del negocio, definir el plan estratégico del área de mantenimiento y alinearla con la gestión de los activos, definir los equipos o sistemas de equipos mas críticos, para lo cual hay que inventariarlos y definir su taxonomía, luego definir la táctica y la estrategia de las actividades para el contexto operacional actual de estos para por fin definir las actividades y frecuencias de intervención. Todo, en búsqueda de aumentar al máximo retorno sobre los activos (ROA).

Pero, muchas veces en ese día a día que se presenta para el encargado de mantenimiento, nos olvidamos de las variables funcionales, las medidas y el seguimiento de las mismas.

En este número reaparece uno de los ingenieros que como amigo y mentor de este servidor de ustedes, tiene gran cantidad de conocimiento que compartir e inicia una serie de escritos con tres de sus secretos que ha llevado a muchas compañías a ser exitosas. Hablo de Pedro Eliseo Silva quien una de las enseñanzas que ha entregado y entregara en futuros escritos nos recuerda siempre de prestar especial atención a los parámetros funcionales.

Si a estos secretos, le sumamos todo lo que nos está compartiendo ya desde hace unos números de la revista, el profesor Lourival y ajustamos con cálculos de ingeniería como lo hace por ejemplo el Ing. Palacio además de tantos otros tips de nuestros amigos y colaboradores, podremos llevar el mantenimiento a esas condiciones requeridas para que Latinoamérica continúe ese proceso de crecimiento sostenible que llevamos.

Los invito, a como ya hacen muchos de nuestros lectores a revisar nuestros números anteriores y verifiquen la cantidad de secretos que han sido compartidos con nosotros por los mejores profesionales del mantenimiento y la gestión de los activos físicos.

Un abrazo!!!

Juan Carlos Orrego Barrera
Director

Mantenimiento en Latinoamérica

Volumen 8 – N° 3

EDITORIAL Y COLABORADORES

Francisco Martínez

Pedro E. Silva Ardila

Carlos M. Gómez

Lourival Augusto Tavares

Franklin da Silva Nonato

Luis Hernando Palacio

Alexis Lárez A.

Juan Carlos Orrego Barrera

El contenido de la revista no refleja necesariamente la posición del Editor.

El responsable de los temas, conceptos e imágenes emitidos en cada artículo es la persona quien los emite.

VENTAS y SUSCRIPCIONES:

revista@mantenimientoenlatinoamerica.com

Comité Editorial

Juan Carlos Orrego B.

Beatriz Janeth Galeano U.

Tulio Héctor Quintero P.

Carlos Andres Saucedo.

“EL ASENTAMIENTO EN LAS MÁQUINAS”



Por:

Dr. Francisco Martínez

Instituto Superior Politécnico José
A. Echeverría (CUJAE), Facultad
de Ingeniería Mecánica, Centro de
Estudios de Ingeniería de
Mantenimiento (CEIM)
fmartinez@ceim.cujae.edu.cu

Cuba

El proceso de asentamiento de las máquinas, además de ejercer una marcada influencia en la vida útil de las mismas, es, en ocasiones no convenientemente ejecutado por los empresarios y aquellos, que tiene que ver con el proceso de mantenimiento. Las consecuencias de obviar aspectos que inciden significativamente en este proceso, son nefastas.

En el presente artículo, se señalan varios de los cuidados a considerar, están directamente relacionados con el proceso tribológico que tiene lugar durante esta etapa de desgaste intensivo.

Cuando el proceso de fricción disminuye y las asperezas comienzan a suavizarse unas contra las otras, durante la interacción, una pequeña cantidad de pulido se produce.

100% virtual - Horarios flexibles

DIPLOMA VIRTUAL

GESTIÓN DE ACTIVOS

con énfasis en la Gestión de Activos Físicos

ISO 55000

Inscripciones abiertas

www.udea.edu.co/ude@

Cierre de inscripciones: **22 de julio de 2016**

Fecha de inicio: 29 de julio de 2016

Inversión: \$ 2.950.000

Mayores informes:

diplomadogestiondeactivos@udea.edu.co

ceingenieria@udea.edu.co

Teléfono: (4) 219 55 48



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
FACULTAD DE INGENIERIA

CESET
Centro de Extensión Académica

Ude@
Educación virtual
Para ser, saber y saber hacer

Cuando una máquina se pone en servicio por primera vez, hay un período de tiempo que es conocido como el período de "asentamiento". Durante este tiempo, la máquina crea partículas de desgaste a penas sus componentes comienzan a ejercer su movimiento inicial. Si bien existen diferentes opiniones sobre los tiempos y métodos de asentamiento, hay unas pocas constantes que permanecen. Ciertas variables entran en juego tales como revestimientos de las superficies [1], tiempo en el almacenamiento y la selección del lubricante. Mediante el equilibrio de todas estas variables, se puede lograr un menor número de fallas funcionales durante las primeras etapas de la vida de la máquina.

Las razón principal por lo que las máquinas pierden su utilidad es debido a la degradación de las superficies de trabajo. Esto puede ocurrir por una variedad de razones, con una multitud de efectos en el resto de la máquina. Sin embargo, cuando una máquina se pone en servicio por primera vez, por lo general, genera más desgaste que el que ocurre después de meses de uso. La tasa de desgaste comienza alta al principio y luego disminuye gradualmente con el tiempo, etapa I de la Fig. 1. Las tres etapas de un proceso de desgaste pueden ser apreciadas en la Fig. 1 [2].

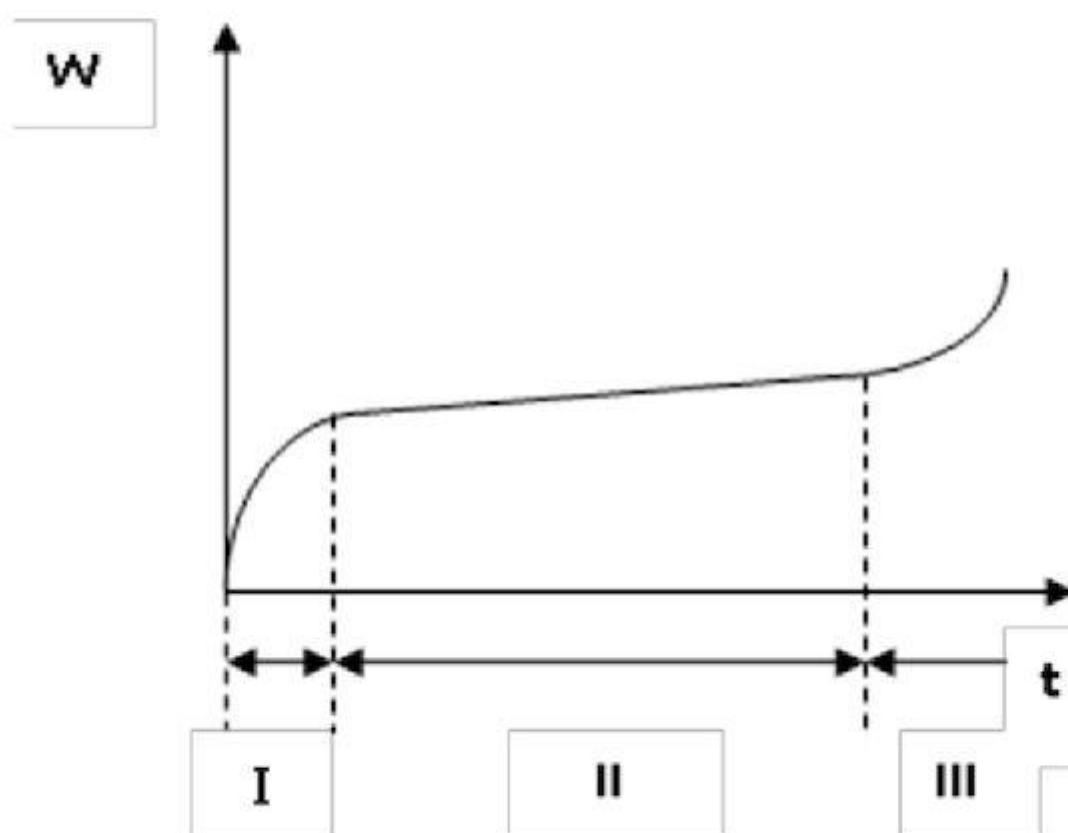


Fig 1. Comportamiento típico de un proceso de desgaste por fricción, en que se hace el gráfico de magnitud del desgaste W en función del tiempo de trabajo t.

La falla por desgaste puede variar en función del acabado de la superficie de los componentes en movimiento. El perfil de las superficies de apoyo en cojinetes, rodamientos y engranajes puede ser muy liso o rugoso dependiendo del grado final de acabado, así como de las características de carga que deben soportar. Las pequeñas irregularidades de la superficie conocidas como asperezas existen en todas las superficies de trabajo. La profundidad y la cantidad de estas asperezas harán una diferencia en la cantidad de desgaste inicial, que se producirá. Cuanto más acabada sea la superficie, se producirá una menor ruptura en las superficies interactuantes [3].

En condiciones límites (sin película lubricante para separar las superficies), las asperezas entran en contacto entre sí con más frecuencia, lo que lleva a un aumento del desgaste y la posible transferencia de metal de una superficie a otra. Esta transferencia de metal es común durante el proceso conocido como desgaste adhesivo, que se produce cuando dos superficies están en contacto y continúan moviéndose más allá de un instante dado. Mientras mayor sean las asperezas, la adhesión también es inicialmente alta durante la fase de asentamiento. Todo esto conduce a una mayor fricción durante la etapa inicial de la vida de la máquina. Como las asperezas se deforman en la acción de una contra la otra, la fricción asociada con las superficies disminuye ligeramente. Esta fricción es insignificante, pero puede dar lugar a un aumento de los gastos de energía durante el arranque [4].

Cuando el proceso de fricción disminuye y las asperezas comienzan a suavizarse unas contra las otras, durante la interacción, una pequeña cantidad de pulido se produce. Considere, por ejemplo, un eje de la máquina, a medida que gira con respecto a un cojinete liso, el perfil de la superficie de interacción se vuelve más suave. El efecto de pulido que resulta contribuye a los niveles más altos de partículas de desgaste que se ven en una máquina cuando se pone en servicio por primera. En casos extremos, en los que el proceso de asentamiento se lleva a cabo de forma incorrecta (cargas excesivas, altas velocidades y / o falta de lubricante), el efecto de pulido puede ser destructivo y escalar a la abrasión de los dos cuerpos en forma severa. Esto puede conducir a la pérdida del perfil de la superficie y por lo tanto a la pérdida funcional parcial o total de la máquina durante la etapa inicial de interacción de los componentes.

Además, las ondulaciones que se generan en la superficie hacen que se puedan concentrar las cargas en áreas pequeñas de contacto. Estos puntos de altas concentraciones de los esfuerzos actuantes, genera un desgaste significativo durante el período de asentamiento, pero simultáneamente, permite que la carga se distribuya sobre una superficie mayor.

Para moderar o controlar este proceso de pulido de la superficie, en ocasiones, utilizan diferentes lubricantes para reducir la cantidad de desgaste desarrollada durante las primeras semanas de vida de la máquina. El empleo de cargas moderadas y la reducción velocidades también sirve de ayuda en el propósito. Una estrategia incluye el uso de aceites con aditivos de extrema presión (EP), que puede reducir la cantidad de asperezas y suavizar el perfil de superficie.

A medida que estos aditivos EP se acumulan en las superficies de la máquina, genera una película química. Esta película contiene una pequeña cantidad de material de la superficie, que se convierte en elemento de sacrificio. Como esta capa interactúa con el tiempo, da como resultado un perfil más suave y así se reduce la fricción cinética. Si bien esta técnica puede ayudar a abordar la cuestión de las asperezas, la misma debe ser usada con moderación, ya que los aditivos EP pueden ser químicamente agresivos y destruir algunos

compuestos de metales más blandos, especialmente las aleaciones que contienen cobre.

Otro método consiste en utilizar un aceite de viscosidad ligeramente inferior durante la fase de asentamiento, unido al empleo de una carga más ligera. Esto puede ayudar a reducir la severidad del proceso de destrucción superficial, en general, y por supuesto con menos desgaste producido. Este método bien empleado, no solo funciona, sino que también alarga el período de asentamiento. En combinación con una menor carga de trabajo, este método puede causar problemas con las metas de producción o requerimientos del proceso, por lo que se utiliza con más frecuencia en situaciones en las que un equipo de repuesto puede ser utilizado para compensar la pérdida de capacidad.

Hay quienes estiman que las máquinas deben sufrir el desgaste inicial de la misma manera en la que se espera que operen. Si bien esto suele ser el estándar de la industria, puede conducir a pérdidas en la capacidad funcional de la máquina antes de tiempo, si no se ha establecido un método de control adecuado. Todas las máquinas van a generar desgaste durante la fase de asentamiento; pero la forma de controlar esta fase es la que va a determinar cuánto tiempo la máquina funcionará después, alcanzando o no la vida útil esperada.

La temperatura del aceite también se ve influida durante el período de asentamiento. Si esto ocurre, aumentará la fricción y se generan superficies lisas y las zonas de carga se amplían. Esto es común en grandes juegos de engranajes.

Al igual que en todo proceso de monitoreo de partículas de desgaste, es importante tener en cuenta la tasa de cambio y no sólo el volumen total de partículas de desgaste. Una muestra de aceite inicial a partir de una máquina puede mostrar una alta cantidad de hierro producto de escombros dejados durante el proceso de instalación. Después de una segunda muestra, que también puede ser alta, la atención debe centrarse en la velocidad de cambio en los metales. Esta es la razón por horas de monitoreo del tiempo de acción entre muestras de cambio de aceite.

Tal vez el mejor ejemplo de pérdida de capacidad funcional de trabajo esperado en una pieza de equipo es el del motor de un vehículo automotor estándar. Estos procesos tienen lugar preferencialmente en rodamientos, levas y cilindros. En estos casos los lubricantes tienen típicamente una carga de aditivo más alto y una viscosidad diferente que el aceite del motor. Un nuevo motor generalmente se explota inicialmente a una carga más ligera (menor velocidad) por un período corto antes de que se considere apto para circular. En la mayoría de los motores el asentamiento se lleva a cabo en la fábrica antes de ser instalado en un automóvil. Sin embargo, muchos mecánicos consideran conveniente repetir este proceso para asegurar la salud del motor.

En la etapa inicial de la vida de una máquina, hay algunos aspectos a tener en cuenta. Una mayor fricción y desgaste se

producen debido al alto nivel de asperezas. Como las asperezas se deforman, la nueva superficie se convierte más pulida, que significa el final del período de asentamiento. Puede explorarse el empleo de un lubricante especial en el asentamiento, para ayudar a minimizar el riesgo de fallo de la máquina y reducir la cantidad de desgaste experimentado durante este tiempo. El correcto seguimiento de las partículas de desgaste, así como la comprensión de las fuerzas en juego durante el período de asentamiento, puede asegurar de que sus máquinas tengan una vida más larga y experimentar menos riesgo de su capacidad funcional de trabajo [5].

Conclusiones:

El proceso de asentamiento de las máquinas se incluye dentro de los procesos tribológicos que tiene lugar en las mismas. Este primer periodo de desgaste severo, creciente hasta que se alcanza, la segunda etapa, de trabajo, depende de una serie de factores, tales como: las características de la rugosidad superficial de ambas superficies, las cargas actuantes, la velocidad de desplazamiento de una superficie sobre la otra y si las superficies han recibido algún tipo de recubrimiento especial. El tratamiento que se dé a esta etapa, tiene una influencia decisiva en la vida útil del activo.

Bibliografía:

- [1] Análisis de la relación entre las propiedades de la superficie y el volumen del cuerpo desde la ingeniería de superficies Francisco Martínez Pérez, Revista Cubana de Ingeniería, Revista Cubana de Ingeniería, Vol. III, No. 2, mayo - agosto, 2012, pp. 51 – 57.
- [2] Tribología Integral, Martínez F., Editorial Noriega, México, 2010, ISBN: 9786070502712.
- [3] Friction, wear, lubrication, K.C Ludema, CRC Press Boca Raton New York, London, Tokyo, 2011, ISBN 0-8493-2685-0.
- [4] Tribology in Machine Design, Stolarski T.A. Butter worth, Oxford, Melbourne, 2012, ISBN 0 7506 3623 8.
- [5] Engineering tribology, Gwidon W. Stachowiak Department of Mechanical and Materials Engineering, University of Western Australia, Australia, 2009.



Club Máctica

Mantenimiento en la Práctica
www.mactica.club

TRES SECRETOS PARA OPTIMIZAR SU GESTIÓN DE MANTENIMIENTO



Por:

Pedro E. Silva Ardila.

PGAM

Ingeniero Mecánico

Esp. Gerencia de Mantenimiento

Consultor

www.mactica.club

Docente Universitario

pedroesilvaa@gmail.com

Colombia

Las organizaciones actualmente se encuentran sometidas a fuerzas externas que Normalmente hay muchas cosas para mejorar en nuestra gestión de mantenimiento. Pero ¿Cuáles son? ¿Cómo saber dónde están las oportunidades? Todos los días trabajamos para ser mejores. Sin embargo al mirar nuestros indicadores encontramos que sí, que lo estamos haciendo bien, pero ¿estamos mejorando? ¿Cómo hacer? ¿Cuál o cuáles son los secretos para mejorar?

En mi experiencia, hay tres secretos para tener una buena gestión de mantenimiento.

Hoy voy a compartirlos para que se conviertan en conocimiento público.

Mantenimiento ocasiona entre el 20% al 30% de los gastos de la empresa. ¿Será que podemos aportar?

Un OEE entre el 70% a 85% nos ubica entre las empresas del montón.

Primer secreto

- Establecimiento de Objetivos y metas de largo y mediano plazo.

Alineados con los Objetivos de la organización. ¿Sabe para dónde va? ¿Tiene Objetivos? ¿Metas? ¿Indicadores de desempeño? ¿Existe en su organización un Plan Maestro de Mantenimiento?

Muy posiblemente Usted piensa que sí. Su objetivo es mantener una disponibilidad específica de algunos equipos críticos, mejorar la confiabilidad y satisfacer los requerimientos de producción. Siempre cumpliendo con el presupuesto aprobado.

¿Eso es? ¿A eso se limita la Gestión de mantenimiento?

¿Y la Producción? Ah... Eso es responsabilidad de otro departamento.

Esa visión de mantenimiento ha cambiado con el tiempo y hoy las empresas excelentes hablan de Gestión de Activos, Eficiencia Global de Equipos (OEE), ROA, ROCE, y EBITDA.

El éxito en la gestión de mantenimiento es medido por el éxito de la Organización y el éxito de la organización se mide en dinero. (EVA - Valor económico agregado).

¿Cuál es el aporte de mantenimiento para mejorar el EVA?

Mantenimiento ocasiona entre el 20% al 30% de los gastos de la empresa. ¿Será que podemos aportar?

Un OEE entre el 70% a 85% nos ubica entre las empresas del montón. ¿Será que podemos aportar?

El primer secreto es pues hacer una planeación estratégica de la Gestión de Mantenimiento el cual debe incluir la visión, misión, valores, objetivos, metas y factores críticos de éxito, todos alineados con el plan estratégico de la Organización.

Segundo secreto

- Crear una gestión de mantenimiento inteligente

¿Qué significa esto? Como dice Peter Senge en su libro de la quinta disciplina: Una Organización inteligente es una organización que aprende de sí misma.

Nuestra organización de mantenimiento debe aprender de las fallas ocurridas. Todo mantenimiento correctivo debe ser analizado hasta su causa raíz y proponer soluciones efectivas que permitan obtener el mejor costo / efectividad de los activos.

¿Cuál es la herramienta para obtener esta información?La orden de trabajo.

La norma ISO 14224 propone una estructura informática que permite analizar todos los mantenimientos correctivos, aplicar el Big Data Análisis, calcular probabilidades de falla, tiempos y costo. Las mejores decisiones son tomadas con la mejor información y la historia nos da la mejor información.

El tercer secreto es:

Análisis Causa Raíz (ACR) de todas las fallas

Antes se hablaba de hacer ACR solo a las fallas catastróficas. Hoy la recomendación es hacer ACR a todos los correctivos.

Esto significa mejorar. Ninguna organización de mantenimiento puede mejorar si no tiene implementado un proceso sistemático de análisis de fallas. No puedo esperar resultados diferentes si sigo haciendo lo mismo. El principal objetivo de mantenimiento es conservar la confiabilidad de los equipos o sea disminuir / eliminar las fallas. El ACR es un proceso de mejoramiento continuo.

El ACR no solo incluye el identificar la o las causas raíces de las fallas sino identificar las soluciones costo-efectivas que impliquen una mejora del MTBF con un ahorro en los costos.

¿Hay en su empresa un proceso formal de análisis de fallas? ¿Es efectivo? ¿Está creciendo el MTBF?

Mas Información e Inscripciones en

www.mactica.club



Afiliación Estudiante

MES/ COP \$50.000 + IVA

AÑO/ COP\$500.000 + IVA

Afiliación Profesional

MES/ COP \$60.000 + IVA

AÑO/ COP\$700.000 + IVA

Afiliación Empresarial

MES/ COP \$180.000 + IVA

AÑO/ COP\$2.100.000 + IVA

Pedro Silva Consultores & Mantonline SAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS DE MANTENIMIENTO TPM, RCM, PMO Y PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE UNA DE ELLAS EN EL TÚNEL

FERNANDO GÓMEZ MARTÍNEZ



Por:

CARLOS M. GÓMEZ
Especialista en Gerencia
de Mantenimiento

Túnel de Occidente
camagolo@yahoo.com.ar
Colombia

Las labores de mantenimiento en el túnel Fernando Gómez Martínez se realizan basadas en el manual de operación y mantenimiento de la organización, y enfocadas a los mantenimientos preventivos y correctivos desconociendo uno de los principios del mantenimiento moderno como es el contexto operacional actual.

Las metodologías de mantenimiento son implementadas con el fin de dar la importancia al mantenimiento de los activos de manera confiable y eficiente garantizando además la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los activos de forma económica y segura.

Las metodologías de mantenimiento con reconocimiento internacional han llegado a nuestro país de cierta manera por una necesidad de tener una industria con capacidad de competir bajo estándares internacionales. En Colombia estos métodos normalmente se siguen a los lineamientos de los directivos al momento de seleccionar que metodología de mantenimiento se debe utilizar, pero sin analizar sus procesos y cuál es la que más se adecua a sus necesidades.

El Túnel F.G.M. pretende implementar una metodología de mantenimiento de las ya establecidas como lo son el RCM, TPM o PMO, para lo cual es importante seleccionar de manera estructurada cual es la más apropiada para sus necesidades.

Por lo tanto, se realizará una matriz que sirva como herramienta de apoyo para seleccionar la metodología más adecuada a implementar en los procesos de mantenimiento del túnel.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una matriz de criterios que permita seleccionar la metodología de mantenimiento a aplicar en el túnel F.G.M.

METODOLOGIA

Para la realización de este proyecto se utilizan fuentes de información primaria (criterios personales y lecciones aprendidas), adquiridas durante el tiempo de experiencia profesional en los años de trabajo. Se desarrollara con base en las metodologías que actualmente se utilizan como herramientas para las labores de mantenimiento como lo son el RCM, TPM y PMO.

Se recopilará información de las diferentes metodologías de mantenimiento y se trataran de enfocar en los sistemas del túnel.

Para establecer la función de la metodología y garantizar el éxito de la misma se realizaran las siguientes acciones:

1. Se realizará un listado de cada uno de los sistemas que intervienen en la operación del túnel describiendo cuál es su función y los equipos que intervienen en el sistema, se clasificarán de acuerdo a la matriz de criticidad del túnel.
2. Señalar los principales aspectos que deben considerarse para establecer el análisis de acuerdo a las necesidades del mantenimiento de los equipos del túnel para seleccionar una metodología de mantenimiento de acuerdo con la experiencia que se tiene en la operación y mantenimiento del túnel.
3. Se describirá las metodologías del mantenimiento TPM, RCM y PMO donde se especifiquen los objetivos, características, aplicación, requisitos para implementarlo, virtudes y debilidades.
4. Se debe de realizar una matriz donde se pueda comparar de acuerdo a los parámetros establecidos por el túnel cuál de las tres metodologías es la más apropiada para comenzar a implementar.
5. Se debe de concluir con la selección de una de las tres metodologías que se pretende implementar en el túnel.

DESCRIPCIÓN TEÓRICA DE TIPOS DE TÚNELES CARRETEABLES

Este trabajo se enfocará en los túneles carreteros. Cuyas características se establecen tanto por su geometría, su longitud, si es unidireccional o bidireccional, si es controlado o no controlado, si es de un tubo o dos tubos y por el flujo total de vehículos.

Es importante tener presente que de acuerdo a la clasificación de los túneles se establecen los requisitos mínimos de seguridad y equipamiento que deben tener presente para la operación de los túneles carreteros.

En la tabla I, se observa como se hacía antes la clasificación de los túneles de acuerdo a su longitud y volumen de tráfico establecido por el Parlamento Europeo en el informe del 29 de abril de 2003 en la Comisión de Política Regional, Transportes y Turismo:

Es de aclarar que este cuadro ya fue modificado, a la fecha los túneles carreteros se interesan más por los parámetros de la seguridad que deberían tener basados en un estudio

sistemático de todos los aspectos del sistema compuesto por la infraestructura, los usuarios y los vehículos.

Cada túnel tiene sus características propias que lo hacen distinto a los demás, pero la seguridad que se brinde a los usuarios siempre debe ser la máxima para todos los túneles.

Tabla I. Clasificación de túneles. [4]

Tipo de túnel	Tipo de tráfico	Volumen de tráfico veh/d/carril	Longitud del túnel L en km	Clase de túnel
Un tubo		4500 ≤ VT < 9000	L ≥ 3	I
			0,5 ≤ L < 1	III
		2000 ≤ VT < 4500	L ≥ 6	I
			0,5 ≤ L < 1	IV
		500 ≤ VT < 2000	L ≥ 10	I
			0,5 ≤ L < 1	IV
Dos tubos	Unidireccional	VT ≥ 12500	L ≥ 0,5	I
			L ≥ 1	I
		9000 ≤ VT < 12500	0,5 ≤ L < 1	II
			L ≥ 3	I
		4500 ≤ VT < 9000	0,5 ≤ L < 1	III
			L ≥ 6,0	I
		2000 ≤ VT < 4500	0,5 ≤ L < 1	III
			0,5 ≤ L < 1	I
		VT < 2000	0,5 ≤ L < 1	I
			0,5 ≤ L < 1	IV

DESCRIPCIÓN DEL TÚNEL FERNANDO GÓMEZ MARTÍNEZ

Tabla II Características principales del túnel [1]

Longitud	4663 metros
Pendiente	2,25% hacia el portal occidental
Pendiente de la calzada	2% hacia la Pared izquierda
Velocidad de diseño	60 km/h, 2 carriles de 4m cada uno. Circulación en doble sentido.
Altura libre de la de la sección vehicular	4,6 metros
Altitud del portal oriental	2021,7 m.s.n.m.
Altitud del portal occidental	1918,1 m.s.n.m.
Área de la sección vehicular	47,2 m ²
Área de la sección de ventilación	22,6 m ²
Ancho de pared a pared	10,70 m
Ancho de la calzada	8,00 m
Sentido de circulación vehicular	Bidireccional
Temperatura	Máxima: 32°C; Mínima: 10°C; Promedio: 21°C
Humedad relativa promedio	78%

El túnel Fernando Gómez Martínez o Túnel de Occidente se encuentra ubicado dentro de la conexión vial Guillermo Gaviria Correa que comunica a Medellín con el occidente antioqueño, fue inaugurado el 20 de enero de 2006; actualmente es operado por la Gerencia de Proyectos Estratégicos de la Gobernación de Antioquia.

Los sistemas electromecánicos con los que cuenta el Túnel Fernando Gómez Martínez cumplen cada uno una función específica y son monitoreados a través de un software especializado, ubicado en los centros de control y que tienen como fin primordial reunir toda la información enviada por cada uno de los sistemas.

Los sistemas electromecánicos con los que cuenta el túnel son: Sistema SCADA

- Sistema de energía
- Sistema de iluminación
- Sistema de ventilación
- Sistema de detección y extinción de incendios
- Sistema de alta voz
- Sistema de avisos alfanuméricos
- Sistema de cable radiante
- Sistema de control de tráfico y otros
- Sistema circuito cerrado de televisión

TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.**

El TPM es una táctica con un perfil humano, favoreciendo la relación entre el recurso humano en producción y en mantenimiento. Además, esta táctica utiliza acciones correctivas, modificativas y preventivas en la mayoría de las intervenciones, ocasionalmente se utilizan acciones predictivas [2]

Pilares básicos:

1. Mejoras enfocadas
2. Mantenimiento autónomo
3. Mantenimiento planeado
4. Mantenimiento de la calidad
5. Prevención del mantenimiento
6. Mantenimiento áreas de soporte
7. Entrenamiento
8. Seguridad y medio ambiente

RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) **MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.**

El RCM se define como un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual [3]

Parámetros para su aplicación:

1. Estándares de funcionamiento
2. Fallas funcionales
3. Modos de falla
4. Efectos de falla
5. Consecuencias de la falla
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir la falla?
7. ¿Qué sucede si no puede prevenirla falla

PMO (PLANEAD MAINTENANCE OPTIMIZATION) **OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO.**

Como lo indica su nombre, esta metodología busca optimizar algo que esta previamente establecido. Toma algunos conceptos del RCM y los simplifica.

Pasos del PMO

1. Recopilación de tareas.

2. Análisis de modos de falla.
3. Racionalización y revisión del FMA (Análisis de Modos de Falla).
4. Análisis funcional.
5. Evaluación de consecuencias.
6. Definición de la política de mantenimiento.
7. Agrupación y revisión.
8. Aprobación e implementación.
9. Programa dinámico.

DESARROLLO DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS DE MANTENIMIENTO TPM, RCM, PMO

Los principales aspectos que se consideraron para establecer el análisis de acuerdo a las necesidades y experiencia que se tiene del túnel para seleccionar una metodología de mantenimiento son:

- Disponibilidad y confiabilidad. De todos los equipos del túnel.
- Robustez de los equipos y optimización de los costos de mantenimiento
- Facilitar las operaciones de mantenimiento, su bajo impacto sobre las condiciones de circulación.
- Seguridad de los equipos de mantenimiento y usuarios.
- Integración de los procedimientos con el personal de mantenimiento.

El objetivo principal es asegurar:

- La gestión de todas las instalaciones, su mantenimiento, su reparación.
- La seguridad y el confort de los usuarios.

Para realizar la matriz de comparación se decidió que fuera de manera cuantitativa para que fuera más fácil de valorar. Se realizaron tres matrices de comparación donde se tomara el promedio de cada una de las metodologías implementadas en los requerimientos del túnel.

Se obtienen una matriz de resultados donde se suman los promedios de cada una de las matrices realizadas con el fin de identificar cual es la metodología más adecuada para comenzar a implementar en el Túnel.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Para la comparación de las metodologías se tuvo en cuenta cada uno de los sistemas y equipos del túnel y se calificaron con el fin de valorar con que se cuenta en el túnel en cada una de las metodologías.

Para su valoración se le dieron los siguientes valores:

No se tiene = 0

Parcialmente = 1

Se tiene = 2

Se realiza la comparación entre los sistemas y las metodologías dado que en los equipos es donde se comenzaría a aplicar en cada mantenimiento éstas.

En la tabla III se tienen los ejemplos de la comparación de cada una de las metodologías con sistemas del túnel, para el presente trabajo se selección tan solo uno de los sistemas.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE LOS PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CADA METODOLOGÍA

Para la matriz de los pasos para implementar cada una de las metodologías, se tuvo en cuenta como seria su impacto en las personas de la organización, los usuarios y proveedores y se calificaron cuantitativamente.

Para su valoración se le dieron los siguientes valores:

No se tiene = 0

Parcialmente = 1

Se tiene = 2

En la tabla IV se tienen los ejemplos de la matriz de comparación para la implementación

Tabla III Sistemas vs Metodología

VALOR:
NO SE TIENE=0
PARCIALMENTE=1
SE TIENE=2

SISTEMAS	EQUIPOS	TPI										RCM										PSC									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	Sensores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Bombas de agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Medidores de flujo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Medidores de presión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de temperatura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de humedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de vibración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de ruido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de calidad de aire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de seguridad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de calidad de agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabla IV Pasos Vs Usuarios

VALOR:
NO SE TIENE=0
PARCIALMENTE=1
SE TIENE=2

PASOS	EQUIPOS	TPI										RCM										PSC									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PASOS DE MANTENIMIENTO	Sensores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Bombas de agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Medidores de flujo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Medidores de presión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de temperatura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de humedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de vibración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de ruido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de calidad de aire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de seguridad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Sensores de calidad de agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE LAS POLÍTICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Para la matriz de comparación de las políticas para implementar las metodologías, se tuvo en cuenta una serie de parámetros que se definen desde la gerencia como son la seguridad, los costos, los riesgos, entre otros.

A continuación se describen cada uno de los criterios que se tuvieron en cuenta para la realización de la matriz de políticas:

Riesgo

Bajo: que se implemente totalmente.

Medio: que se implemente parcialmente.

Alto: que no se implemente.

Confiable

Bajo: si al implementar la metodología la confiabilidad mejora en todos los sistemas y equipos del túnel.

Medio: si al implementar la metodología la confiabilidad se mejora en los dos tercios de los sistemas y equipos túnel.

Alto: si al implementar la metodología la confiabilidad se mejora en un tercio de los sistemas y equipos túnel.

Disponibilidad

Bajo: si al implementar la metodología la disponibilidad de los sistemas y equipos del túnel mejora en un 90 %.

Medio: si al implementar la metodología la disponibilidad de los sistemas y equipos del túnel se encuentra entre el 75% y 89%.

Alto: si al implementar la metodología la disponibilidad de los sistemas y equipos del túnel es inferior al 74%.

Impacto emocional de las personas

Bajo: si al menos 90% de los empleados está dispuesto a implementar la metodología.

Medio: si entre el 50 % y el 89% de los empleados está dispuesto a implementar la metodología.

Alto: si entre el 1% y el 49% de los empleados está dispuesto a implementar la metodología.

Costos de implementación

Bajo: si están entre el 1% y el 60% de los costos de mantenimiento anual.

Medio: si están entre el 61% y el 80 % de los costos de mantenimiento anual.

Alto: si son superiores al 81% de los costos de mantenimiento anual.

Seguridad

Bajo: si no afecta las personas, el medio ambiente y las personas

Medio: si afecta al menos una persona o al medio ambiente o un equipo.



Alto: si no hay compromiso de ningún directivo.

MATRIZ DE RESULTADOS

Para la comparación de cada una de las metodologías se tomó los valores que se les asignó a cada uno de los ítems en las matrices de metodología, pasos y políticas y se sacó el promedio de cada una, luego se sumó todos los promedios para seleccionar la metodología que más se aplicaría al túnel.



Tabla V Políticas de selección

VALOR: ALTO=0 MEDIO=1 BAJO=2	TPM					RCM					PMO				
	Valor de implementación	Valor de tiempo de implementación	Confiable	Mayor compromiso de los per sonas	Disponibilidad	Valor de implementación	Valor de tiempo de implementación	Confiable	Mayor compromiso de los per sonas	Disponibilidad	Valor de implementación	Valor de tiempo de implementación	Confiable	Mayor compromiso de los per sonas	Disponibilidad
Apoyo alta gerencia	0	0	2	0	2	0	1	2	0	2	2	2	2	2	2
Seguridad	0	1	2	0	2	0	1	2	0	2	2	2	2	2	2
Recurso humano	0	0	2	0	2	0	1	2	0	2	2	2	1	2	1
Resultados de implementación	0	0	2	2	2	0	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Riesgo	0	0	2	2	2	0	0	2	2	2	1	1	2	2	2

Tabla VI Resultados

	TPM	RCM	PMO
SISTEMAS	1,125	1,28571429	1,57142857
PASOS	1,27083333	1,05555556	1,27777778
POLITICAS	1	1,12	1,68
TOTAL	3,39583333	3,46126984	4,52920635

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de la matriz de comparación de las metodologías TPM, RCM y PMO; la metodología que se debe comenzar a implementar en el túnel Fernando Gómez Martínez es la Optimización del Mantenimiento Planeado "PMO"

Una vez se implemente toda la metodología del PMO se debe volver a realizar la matriz de comparación para seleccionar otra metodología o en su defecto comenzar a implementar la metodología del RCM que fue la segunda mejor calificada en la matriz de comparación para comenzar a mejorar la estrategia de mantenimiento que se tenga implementada

Actualmente en Colombia se tiene proyectado la construcción de varios túneles, donde se debería comenzar a implementar desde el momento de su concepción en alguna de las metodologías de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Grupo directivo. (20 de 01 de 2006). Manual De Operación Y Mantenimiento Del Túnel Fernando Gómez Martínez . Medellín, Antioquia, Colombia: Túnel Fernando Gómez Martínez.
- [2] Mora, G. -A. (2009). Mantenimiento Industrial Efectivo (2 ed., Vol. 1). (A. M. Gutierrez, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia: Coldi Limitada.
- [3] Moubray, J. M. (2004). RCM Reliability Centered Maintenance - Industrial Press Inc (Primera en castellano ed.). (G. a. Biddles Limited, Ed., & S. y.-A. Ellman, Trad.) Leicestershire, England, United Kingdom: Aladon Limited.
- [4] [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/rete/20030429/COM_COM\(2002\)0769\(PAR1\).PIAR](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/rete/20030429/COM_COM(2002)0769(PAR1).PIAR)

MANTENIMIENTO CENTRADO EN EL NEGOCIO

Lourival Augusto Tavares
Marco Antonio Calixto
Paulo Roberto Poydo
2ª Edición

Virtual e impreso



Lourival Augusto Tavares

Ingeniero electricista, formado por la Escuela de Ingeniería de la Universidad Federal de Río de Janeiro, en 1967. Por 23 años trabajó en Fumas Centrais Elétricas S.A., donde, entre otras actividades, fue supervisor de mantenimiento e implantó y coordinó el control de mantenimiento por computadora en todas las instalaciones hidroeléctricas de la empresa. Dirigió la asesoría técnica de apoyo de Itaipu Binacional, que administraba toda la logística de la superintendencia.

Autor de *Control de mantenimiento por computadora* (1ª edición, 1986); *Excelencia en el mantenimiento* (1ª edición, 1996) y *Administración moderna del mantenimiento* (1ª edición, 1999); libros que sirven de referencia para varias empresas y profesionales, tanto en el aspecto profesional como académico. Fue Director nacional de la ABRAMAN (Asociación Brasileira de Manutenção) en dos mandatos. Fue Presidente del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento por 11 años (1993 al 2004).



Conferencista de renombre internacional, con presencia destacada en aperturas y cierres de congresos en varios países latinoamericanos. Coordinador general e instructor del curso de posgrado en Ingeniería de mantenimiento promovido por la Escuela de Ingeniería de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Reconocido como "notorio saber" en el área de mantenimiento por la Universidad Federal de Río de Janeiro y por la Universidad Federal de Paraíba. Dicta cursos de alta importancia en varios países y de consultoría de mantenimiento en importantes empresas en todo el mundo.

Marco Antônio Calixto Gonzaga

Especialista en ingeniería de mantenimiento por la Escuela Politécnica de la Universidad Federal de Río de Janeiro; profesor universitario en las disciplinas de Estadística industrial y Planificación y control del mantenimiento y producción; gerente de suministros del Departamento de transportes de la Asamblea legislativa del Estado de Río de Janeiro.

Paulo Roberto dos Santos Poydo

Especialista en Ingeniería de mantenimiento por la Escuela Politécnica de la Universidad Federal de Río de Janeiro; profesor universitario en las disciplinas de Mantenimiento industrial y tecnología automotriz; coordinador del curso de graduación tecnológica en Mecánica industrial de la Universidad Estadual de São Paulo; subdirector del Departamento de transportes de la Asamblea legislativa del Estado de Río de Janeiro.

Traducido de portugués a español por:

Ing. Robin Julian Lopez Alarcon
Universidad de América - Colombia
Ing. Jorge Edilberto Martínez Monroy
Universidad de América - Colombia

Revisión de la segunda edición:
Gerardo Trujillo Corona
Rogelio Peña Gallo
Gráficos de la segunda edición:
Alejandro Trujillo Castillo





Pregunte por nuestras otras marcas
(koreanas, Japonesas y Chinas).

ENVÍOS DENTRO Y FUERA DEL PAÍS

TEL: (1) 7037330 3203993115- 3107450067 Cra. 28 77-24 L 1 (Bogotá) ventas@genuineparts.com.co

LOS INDICADORES BRASILEÑOS DE MANTENIMIENTO

UN BENCHMARKING PARA TODO EL MUNDO



Por:

Lourival Augusto Tavares
Ingeniero Electricista.
Coordinador General de Postgrado
Ingeniería de Mantenimiento
Universidad Federal de Rio de
Janeiro
Consultor Internacional
l.tavares@mandic.com.br
Brasil

6ª PARTE - ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

INDICE - Organización - Mantenimiento Centralizada - OGCT																	
ANO	1985	1988	1989	1990	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	Promedio 2013
Azúcar/Alcohol		40,0					62,5	50,0	22,2		50,0	40,0	33,3	33,3	40,0	25,0	39,6
Alimentos				25,0			30,0			20,0	50,0		33,3	33,3	33,3	66,7	36,5
Automotores		25,0	25,0	25,0		33,3	44,4	50,0		53,8		66,7	20,0	20,0	55,6	22,2	36,8
Cemento	21,4	33,3		58,3		58,3	70,0	83,3	20,0	66,7	28,6		0,0	0,0	16,7		38,1
Civil				25,0		25,0					28,6		0,0	0,0	20,0	66,7	23,6
Electricidad	11,1	9,1	0,0	23,5	20,0	12,5	29,4	16,7	16,7	9,1	0,0	14,3	18,2	18,2	14,3	20,0	14,6
Electro-Electrónico						75,0	71,4		25,0	25,0		50,0			50,0		49,4
Farmacéutico						40,0	87,5		25,0		25,0	33,3			33,3	77,8	46,0
Fertilizante			60,0	66,7		85,7	20,0			81,8	60,0						62,4
Hospitalario							71,4	50,0	77,8	50,0	50,0				66,7	100,0	66,0
Mant. Edificio			71,4	33,3	38,5	39,1	45,5	30,0	33,3	33,3	50,0	66,7	40,0	40,0	66,7	75,0	47,3
Máquinas/Equipos		46,2	45,5	53,9		40,0	57,1	75,0	40,0	66,7	0,0		33,3	33,3	50,0	80,0	47,8
Metalúrgico	55,6		77,8	57,1	33,3	66,7	20,0	40,0	50,0		66,7	37,5	18,2	18,2	42,9	25,0	43,5
Minería	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	16,7	0,0		40,0	0,0	33,3	25,0	25,0	20,0	60,0	15,2
Papel/Celulosa	0,0	20,0	33,3	28,6	20,0	7,7	20,0	25,0	50,0	0,0	50,0	25,0	40,0	40,0	40,0	80,0	30,0
Petróleo	52,6	68,8	100,0	50,0	66,7	36,8	38,1	30,0	50,0	42,9	41,7	26,3	26,7	26,7	66,7	55,6	48,7
Petroquímico	63,6	90,5	86,7	81,0	93,3	66,7	71,4	100,0	88,9	71,4	100,0	0,0	9,1	9,1	50,0	60,0	65,1
Plástico/Caucho	30,0					40,0	25,0	50,0	14,3	50,0	60,0	0,0	9,1	9,1	50,0	75,0	34,4
Químico		52,9	77,8	81,0	57,7	47,6	70,6	50,0	66,7		50,0	42,9	40,0	40,0	50,0	77,8	57,5
Saneamiento	33,0				33,3	44,4	40,0	66,7		10,0	57,1				33,3	77,8	44,0
Siderúrgico	0,0	0,0	14,3	14,3	20,0	20,0	14,3	14,3	20,0	25,0	25,0	0,0	0,0	0,0	18,2	40,0	14,1
Textil		50,0	23,5	14,3	14,3	20,0	25,0	20,0	0,0	25,0	40,0	66,7	25,0	25,0	25,0	33,3	27,1
Transporte	50,0	33,3	0,0	25,0	33,3	25,0	40,0	33,3	0,0	0,0	40,0	25,0	28,6	28,6	27,8	33,3	26,5
Otros	0,0	44,5	22,2	26,1	57,1	40,0		33,3	33,3	33,3	50,0	50,0	46,2	46,2	22,8	52,0	37,1
TOTAL	37,4	37,2	42,5	38,8	45,2	38,1	46,2	42,5	40,5	36,6	42,5	36,1	26,3	26,3	31,7	47,3	38,5

Figura 1: INDICE - Organización - Mantenimiento Centralizada - OGCT

En el análisis de los indicadores el autor contó con la colaboración de su alumno de Postgrado Ing. Franklin da Silva Nonato

Índice - Organización Centralizada - OGCT

Índice medido a través de la fórmula: $OGCT = \frac{QECT}{QTEP} \times 100$ (Cantidad de Empresas que indican tener Organización Centralizada) / (Cantidad Total de Empresas que respondieron a esta pregunta por sector) x 100

El indicador de OGCT – Indica el valor relativo de empresas que adoptan una Organización Centralizada, es decir, un único grupo de mantenimiento para atender a todos los sectores productivos de la empresa, es posible observar que los sectores que presentan los menores índices tienen en común una gran extensión territorial. Empresas, principalmente de minería, acero y la generación de electricidad ocupan áreas importantes en sus complejos industriales, y esto favorece la descentralización.

El sector minero presentó hasta el final de los 90 un promedio de sólo un 3,0% de las empresas que adoptan la centralización, y el sector del acero había tenido hasta el comienzo de esta década un promedio de 7.1%. la figura 3 muestra la tendencia de estos sectores.

Estos son niveles muy bajos, y en este período era normal decir que había varias empresas dentro de un complejo industrial con el mismo nombre y con la misma razón social. Tenían políticas de mantenimiento, indicadores (cuando tenían), herramientas y jerarquías diferentes, eran completamente independientes y no era raro ver a la rivalidad, indirecta e informal entre los departamentos. Esta es una visión del pasado, pero, todavía tenemos empresas con esta política en la actualidad.



FIGURA 2 Índice - Organización - Mantenimiento Centralizada - OGCT

Durante el período entre 1985 y el año 2003 se ha visto una ligera variación del indicador alrededor del 40% de mantenimiento centralizado, que se redujo en el año 2009 y

volvió a subir. Por lo tanto, tenemos una curva de tendencia estabilizada durante todo el período de la encuesta.

Este hecho muestra que los sectores en general en Brasil aún se estructuran en busca de la media ideal de proporcionalidad para organizar el mantenimiento. De la evaluación de la curva después de 2003 se puede establecer que existe una orientación de los sectores en trabajar el mantenimiento de forma centralizada.



FIGURA 3 Índice - Organización - Mantenimiento Centralizada - OGCT

La diferencia entre el sector del cemento, con una tasa de 5,6%; el siderúrgico donde están 11,5% proporcionalmente el doble de la cantidad anterior, es mucho más pequeño que el encontrado en el hospitalario y el mantenimiento de edificios, donde tenemos un 57,7% y 63,3%, respectivamente. Las actividades y la maquinaria industrial son muy diferentes, pero esta diferencia también muestra una diferencia de metodología de trabajo.

Un análisis específico, en 2013 la industria hotelera estaba con un 100% de las empresas de este sector con una organización del mantenimiento dispuesto de forma centralizada, y con un bajo costo de mantenimiento, tasa de 2.0%, y al contrario que el sector del acero que se presenta con un 40% de las empresas organizada de forma centralizada y también con buenos resultados, un índice de costo de mantenimiento 3,3%, que es un resultado muy satisfactorio en comparación con sus resultados anteriores.



INDICE - Organización - Mantenimiento Descentralizada - OGDC																			
ANO	1985	1986	1989	1990	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2014	2015	2016
Azúcar/Alcohol		40,0					26,0	25,0	22,2		12,5	10,0	16,7	16,7	20,0	0,0	18,8	12,7	
Alimentos				25,0		25,0	16,7			60,0	12,5		16,7	16,7	0,0	0,0	19,2	6,3	
Automotores		75,0	25,0	25,0		33,3	0,0	25,0		15,4		0,0	40,0	40,0	11,1	22,2	26,0	22,7	
Cemento	35,7	33,3		16,7		16,7	10,0	0,0	60,0	33,3	0,0		25,0	25,0	16,7	33,3	23,5	26,0	
Civil				50,0		50,0						0,0		25,0	20,0	20,0	26,2	22,2	
Electricidad	11,1	9,1	0,0	17,7	40,0	50,0	41,2	16,7	33,3	9,1	42,9	42,9	36,4	36,4	14,3	33,3	27,1	32,8	
Electro-Electrónica						0,0	0,0		50,0	0,0		16,7			0,0		11,1	8,3	
Farmacéuticos						10,0	0,0		25,0	0,0	62,5	0,0			0,0	0,0	12,2	0,0	
Fertilizante			40,0	22,2		0,0	20,0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	
Hospitalario							0,0	25,0	11,1	16,7	12,5				0,0	0,0	9,3	0,0	
Mant. Edificio			14,3	33,3	30,0	17,4	0,0	40,0	33,3	16,7	12,5	33,3	60,0	60,0	0,0	0,0	29,1	30,7	
Máquinas/Equipos		23,1	27,3	23,1		20,0	28,6	12,5	60,0	0,0	60,0		33,3	33,3	0,0	10,0	24,7	19,2	
Metalúrgico	22,2		11,1	19,1	11,1	22,2	20,0	0,0	0,0		0,0	37,5	27,3	27,3	21,4	25,0	19,2	27,7	
Minería	66,7	100,0	66,7	36,5	20,0	30,0	16,7	16,7		0,0	0,0	33,3	25,0	25,0	20,0	40,0	33,2	28,7	
Papel/Celulosa	66,7	60,0	66,7	37,1	60,0	15,4	40,0	0,0	0,0	20,0	50,0	0,0	20,0	20,0	0,0	0,0	31,0	0,0	
Petróleo	26,3	31,2	0,0	25,0	0,0	21,1	9,5	0,0	0,0	23,8	25,0	63,2	53,3	53,3	0,0	18,5	21,9	37,7	
Petroquímico	3,0	0,0	0,0	4,8	5,7	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	27,3	16,7	0,0	6,2	14,2	
Plástico/Caucho						20,0	0,0	25,0	28,6	33,3	0,0	0,0	27,3	27,3	16,7	0,0	16,2	14,2	
Químico		11,8	11,1	4,8	19,2	4,8	5,9	0,0	22,2		0,0	0,0	20,0	20,0	0,0	0,0	8,6	0,0	
Saneamiento						33,3	33,3	20,0	0,0		30,0	14,3				33,3	0,0	20,6	16,7
Siderúrgico	16,7	63,2	14,3	35,7	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	20,0	20,0	9,1	0,0	12,0	9,8	
Textil		25,0	47,1	35,7	57,1	20,0	12,5	60,0	0,0	25,0	40,0	0,0	0,0	0,0	37,5	0,0	24,0	7,5	
Transporte	25,0	66,7	50,0	44,4	0,0	50,0	20,0	33,3	100,0	87,5	33,3	37,5	35,7	35,7	55,6	68,7	40,3	48,2	
Otros	60,0	50,0	22,2	30,4	21,4	20,0		16,7	11,1	33,3	16,7	25,0	30,8	30,8	48,9	34,2	20,1	33,3	
TOTAL	25,0	45,9	26,4	30,0	22,2	19,3	13,8	16,8	21,6	21,1	21,3	27,2	34,0	34,0	27,6	23,6	26,5	29,3	

FIGURA 4 ÍNDICE - Organización - Mantenimiento Descentralizada - OGDC

Índice - Organización Descentralizada - OGDC

Índice medido a través da fórmula: $OGDC = \frac{QEDC}{QTEP} \times 100$ (Cantidad de Empresas que indican tener Organización Descentralizada) / (Cantidad Total de Empresas que respondieron a esta pregunta por sector) x 100

Indica o valor relativo de empresas que adoptan Organización Descentralizada, es decir, un mantenimiento distribuido por los diversos sectores productivos de la empresa.

La elaboración de algunas estadísticas de este indicador muestra que, tiene el 38% de los sectores con una tasa de mantenimiento descentralizado por debajo del 10%; 71% de ellos están con esta proporción por debajo del 25% y el 92% de los sectores están por debajo del 30%. En 2013, el 54% de las empresas tenía este indicador en 0%. La máxima alcanzada fue en el sector del transporte con un 46,6%.

Sobre la base de estos datos, el indicador muestra de forma generalizada, que este tipo de organización de mantenimiento tiene un porcentaje con menor adhesión de las empresas en comparación con centralizada o a una mezcla de ellas.

El sector de fertilizantes tiene una tendencia a haber erradicado este modelo organización, como puede verse desde 2001 el índice tiene un valor de 0% en las encuestas.



Índice - Organización - Mantenimiento Descentralizada - OGDC

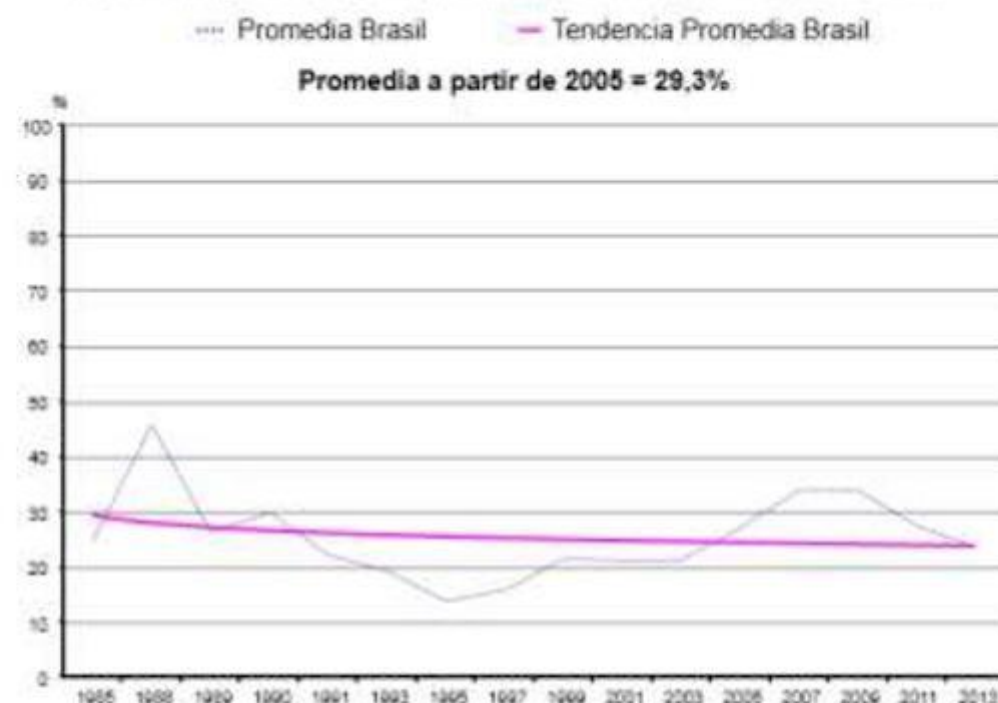


FIGURA 5 Índice - Organización - Mantenimiento Descentralizada - OGDC

El gráfico muestra un promedio con un pico en 1988, valor máximo, con un porcentaje del 46,3%; y el valle en 1995, mínimo, con el porcentaje del 6,2%; pero con una tasa de cambio que no es muy grande y puede ser descrito como estable, como se presenta en la curva de tendencia de este indicador.

Después del año 88 se puede observar una tendencia a la baja a 95, en donde las estrategias para descentralizar el mantenimiento comenzaron a volver a trabajar de esta manera, lo que se observa una tendencia ascendente hasta 2009, y actualmente tiene una reducción; Es un cuadro probable de la búsqueda para su distribución entre los sectores de manera más estratégica.

Índice - Organización - Mantenimiento Descentralizada - OGDC

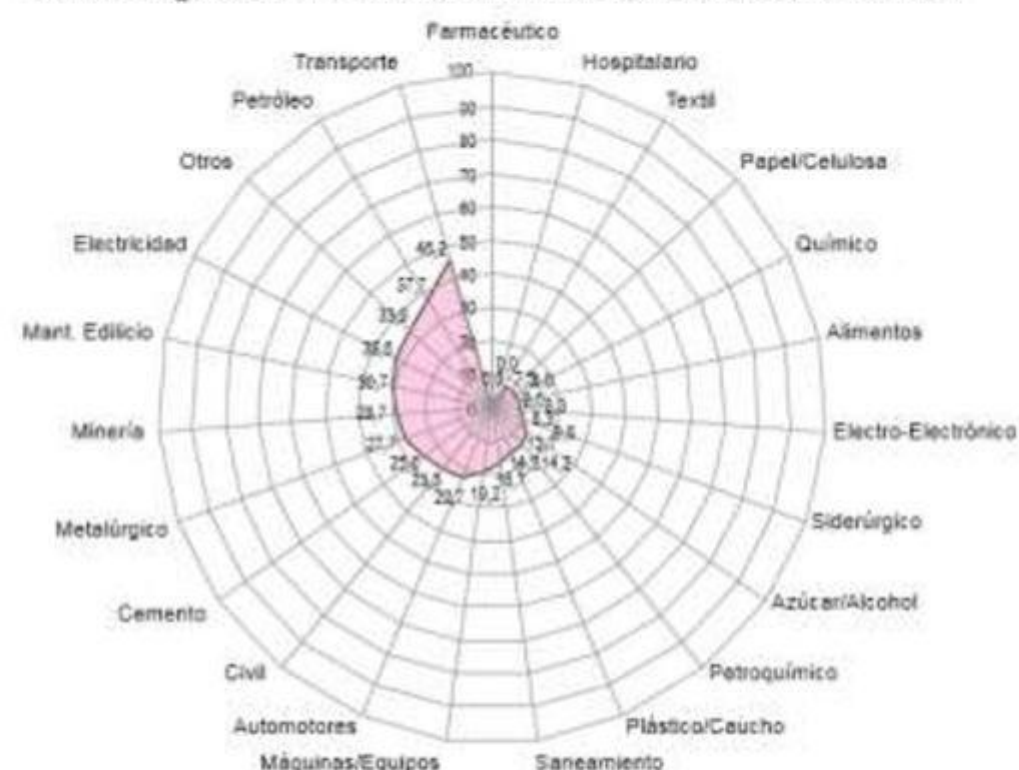


FIGURA 6 Índice - Organización - Mantenimiento Descentralizada - OGDC

Los datos muestran que los índices más altos de mantenimiento descentralizado es dado en los sectores de transporte y petróleo. Un factor común en estas líneas de negocio es la gran cantidad de pequeñas unidades en la

misma empresa para dar soporte de, mantenimiento, operación y administración de los activos de la empresa, esto con el fin de cubrir una gran extensión territorial; favoreciendo de esta forma la descentralización.

INDICE - Organización - Mantenimiento Mixta - OGMX																			
ANO	1985	1986	1989	1990	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2014	2015	2016
Agricultura		20.0					12.5	25.0	55.6		37.5	50.0	50.0	50.0	40.0	75.0	41.5	63.0	
Alimentos	47.2			50.0			75.0	16.7			25.0	37.5	50.0	50.0	50.0	50.0	44.4	50.0	
Automotriz		0.0	50.0	50.0			33.3	55.6	25.0		30.0		33.3	40.0	40.0	33.3	55.6	37.2	40.0
Cemento	42.5	33.3		25.0			25.0	20.0	16.7	25.0	0.0	71.4		75.0	75.0	66.7		35.5	72.2
Civil				25.0			25.0					71.4		75.0	75.0	66.0	0.0	47.3	52.5
Electricidad	77.8	81.8	100.0	55.6	40.0		37.5	25.4	66.7	50.0	81.8	57.1	42.9	45.5	45.5	71.4	46.7	57.0	50.0
Electro-Eléctrico							25.0	28.6		25.0	75.0		33.3			50.0		35.5	41.7
Farmacéuticos							50.0	12.5		50.0	100.0	12.5	66.7			66.7	22.2	47.5	51.5
Fertilizante	20.0		0.0	11.1			14.3	20.0			18.2	40.0						17.3	
Hospitalario	27.1						25.0	25.0	11.1	33.3	37.5					33.3	0.0	24.1	16.7
Mant. Edificio	30.4		14.3	32.3	30.0		42.5	54.5	30.0	33.3	50.0	37.5	0.0	0.0	0.0	33.3	25.0	27.5	11.7
Máquinas/Herramientas		30.0	27.3	25.1			40.0	14.3	12.5	0.0	33.3	50.0		35.5	33.3	50.0	10.0	27.5	31.7
Metallúrgico	22.2		11.1	22.8	55.6	0.0	60.0	60.0	50.0			33.3	25.0	54.5	54.5	35.7	50.0	35.5	44.0
Miiería	33.3	0.0	33.3	55.6	50.0		70.0	95.6	83.3		50.0	100.0	33.3	50.0	50.0	50.0	0.0	52.0	29.7
Papel/Calderas	33.3	0.0	0.0	14.3	20.0		75.0	40.0	75.0	50.0	50.0	0.0	75.0	40.0	40.0	60.0	20.0	35.4	47.0
Papelero	21.1	0.0	0.0	25.0	33.3		42.1	52.4	70.0	50.0	33.3	33.3	15.0	20.0	20.0	33.3	25.0	30.0	22.0
Petroquímico	33.4	5.5	13.3	14.3	0.0		20.0	28.6	0.0	11.1	28.6	0.0	100.0	63.6	63.6	33.3	40.0	25.4	60.1
Plástico/Caucho	40.0						40.0	75.0	25.0	57.1	16.7	40.0	100.0	63.6	63.6	33.3	25.0	45.0	57.1
Químico		35.3	11.1	14.3	25.1		47.6	23.5	50.0	11.1		50.0	57.1	40.0	40.0	50.0	22.2	34.0	41.5
Servicios	35.2				33.3		22.3	40.0	33.3		60.0	25.0				33.3	22.2	34.1	27.8
Siderúrgico	83.3	36.8	71.4	50.0	70.0		80.0	85.7	80.0	62.5	75.0	100.0	80.0	80.0	72.7	80.0		72.7	75.0
Textil		25.0	25.4	50.0	25.0		60.0	62.5	20.0	100.0	50.0	20.0	33.3	75.0	75.0	37.5	66.7	45.5	57.0
Transporte	25.0	0.0	50.0	30.0	66.7		25.0	40.0	33.3	0.0	12.5	26.7	37.5	35.7	35.7	14.7	0.0	27.4	25.1
Otros	40.0	5.6	55.6	42.5	21.4		40.0				50.0	55.6	33.3	33.3	25.0	23.1	23.1	13.7	32.2
TOTAL	37.5	18.9	31.1	31.3	32.5		42.6	39.5	41.7	37.9	42.3	36.2	36.0	39.8	39.8	40.7	29.1	35.0	37.8

FIGURA 7 INDICE - Organización - Mantenimiento Mixta - OGMX

Índice - Organización Mixta - OGMX

Índice medido a través de la fórmula: $OGMX = \frac{QEMS}{QTEP} \times 100$ (Cantidad de Empresas que indican tener una Organización Mixta / Cantidad Total de Empresas que respondieron a esta pregunta por sector) x 100

Indica el valor relativo de las empresas adoptan Organización Mixta, es decir, cada sector productivo tiene un grupo de

mantenimiento para atender sus necesidades y existe una organización central de mantenimiento en el que el PCM (Planificación y Control de Mantenimiento), y EdM (ingeniería de mantenimiento ADE) y un efectivo grupo multifuncional que está calificado para satisfacer cualquier necesidad de refuerzo en el sector de los servicios especializados de mantenimiento.

Este es el modelo de organización que tiene como objetivo resaltar las ventajas de los dos modelos de mantenimiento; centralizado y descentralizado, y se puede observar que sus índices de aplicación son más altos en relación con el descentralizado y tiene un equilibrio aproximado sobre el centralizado.

Estos están presentes en los tres tipos de Organización de mantenimiento que se ejecuta en Brasil, centralizada, descentralizada y la mixta, a continuación, se espera que la suma de sus indicadores tengan un resultado del 100%.

El sector siderúrgico presentó la tasa más alta de este tipo de gestión, al parecer para grandes complejos industriales tiene grandes ventajas y especialmente la economía de los recursos, que pueden ser compartidos con el mantenimiento especializado en un área central de mantenimiento. La centralización sería difícil en gran medida y obstaculizaría la gestión y la descentralización generaría una estructura muy grande y poco económica, como puede verse en los datos de tabla OGDC el por qué la tendencia de que ninguna siderúrgica adopte este modelo.

ENVIA TUS TRABAJOS

Mantenimiento en Latinoamérica

ISSN 2357-6340



La revista para la gestión confiable de los activos

Volumen 7 N° 4

Julio - Agosto 2015



REVISTA@MANTENIMIENTOENLATINOAMERICA.COM



FIGURA 8 INDICE - Organización - Mantenimiento Mixta - OGMX

Una evaluación de la media de los últimos años nos muestra que desde 1993 estamos teniendo una muy pequeña variación de este índice, proporcionando una tendencia muy estable, pero en aumento. A sí mismo el índice de descentralización viene reduciendo su valor. Por lo tanto, lleva a suponer que el modelo descentralizado, va dando lugar al modelo mixto, siendo restringido a lugares que son mucho más viables.



FIGURA 9 INDICE - Organización - Mantenimiento Mixta - OGMX

Los indicadores más bajos se dan en los sectores de la hotelería y mantenimiento de los edificios, que tienen una gran similitud, tanto en equipo que se mantiene como el mantenimiento que requieren. En estos tipos de actividad el mantenimiento centralizado es el más adecuado, ya que estas actividades requieren menos recursos humanos y materiales para su aplicación. El Mantenimiento mixto puede ser aplicado, trabajando por demanda de planificación (PCM) e ingeniería, pero con una evaluación del tamaño de la empresa.

En ellas también tenemos, en general, la mayor parte del mantenimiento subcontratado, que se puede ver en los costos de contratación, valores que son considerables en la encuesta, siendo aproximadamente el 27%.



FIGURA 10 Distribución de los Tipos de Organización

Existe una gran parte dos sectores que trabajan en una distribución homogénea de mantenimiento centralizado y descentralizado, donde los porcentajes son muy aproximados.

En general, los sectores con empresas con instalaciones que ocupan mayor área tienden a tener un mantenimiento mixto, e instalaciones mas pequeñas tienden a tener un sistema centralizado, para obtener el equilibrio entre todos los modelos.





MÁCTICA

Mantenimiento en la Práctica

¿Conoces algún lugar donde encuentres TODA la información que necesitas para Gestionar eficientemente tu Mantenimiento, al alcance de tu mano, tu tiempo y tu bolsillo?

Con tu afiliación a MÁCTICA recibirás lo siguiente:

- ✓ Cursos básicos de mantenimiento
- ✓ Sala de Juntas
- ✓ Grupo privado de Facebook (Exclusivo para personas de mantenimiento)
- ✓ Capacitación para Certificación como PGAM
- ✓ Cursos On Line de profundización
- ✓ Biblioteca de Mantenimiento:
- ✓ Consultoría en Línea
- ✓ Consulta de proveedores
- ✓ Autoevaluación de la gestión de Mantenimiento

Inscripciones en

www.mactica.club



Afiliación Estudiante

MES/ COP \$50.000 + IVA

AÑO/ COP\$500.000 + IVA



Afiliación Profesional

MES/ COP \$60.000 + IVA

AÑO/ COP\$700.000 + IVA



Afiliación Empresarial

MES/ COP \$180.000 + IVA

AÑO/ COP\$2.100.000 + IVA

Pedro Silva Consultores & Mantonline SAS

ANÁLISIS DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE RLM



Por:

Luis Hernando Palacio
Ingeniero Mecánico.

Diplomado en Finanzas y
Proyectos

Certificado en programación VBA
para Excel

Profesional de Planeación y
Programación de mantenimiento en
Cementos Argos, Planta Nare
luherpa67@hotmail.com

Colombia

Resumen

Este trabajo presenta el análisis, paso a paso, de una regresión lineal múltiple. Para ello se emplea el programa Excel como fuente de cálculo de las tablas: ANOVA, Coeficientes de regresión y de los residuales. No se presentan detalles del uso de dicho software.

Para evaluar el supuesto de no multicolinealidad, se emplea la matriz de coeficientes de correlación, generada por Excel, y el Factor de Inflación de la Varianza FIV a través del complemento PHStat2.

La elección del nivel de significancia, fundamental para probar la validez del modelo con base en la distribución F, y la validez de los coeficientes regresores con base en la distribución T, sigue los criterios que se dan en la norma brasilera ABNT NBR 14653-2:2011.

Para el nivel de confianza se adoptará un valor del 95%; con este valor se busca un equilibrio entre amplitud y precisión de los intervalos de confianza.

Como anexos, se presentan el código fuente, en VBA, de la UDF (Función Definida por el Usuario) DURBIN-WATSON la cual evalúa el estadístico de Durbin-Watson para verificar el supuesto de independencia (no autocorrelación) de los residuales (errores), y la rutina que aplica la transformación de Gujarati a la muestra para corregir el problema de autocorrelación.

El edificio matemático subyacente a la regresión lineal empleando el método de mínimos cuadrados es complejo y extenso, las pretensiones de este trabajo son desarrollar los pasos necesarios para elegir el mejor modelo regresor

1. Introducción

La regresión lineal, simple o múltiple, es una técnica matemática que se emplea con el objetivo de encontrar una ecuación a partir de la cual se puedan hacer pronósticos sobre la variable dependiente estudiada, con una característica muy especial: que la distancia (error o residual) entre el modelo propuesto y el valor Y de la muestra sea mínimo.

La validez del modelo se fundamenta en el cumplimiento de las condiciones dadas por el Teorema de Gauss-Márkov sobre los residuales o errores: Linealidad, homocedasticidad, independencia o no autocorrelación y normalidad; el cumplimiento de estas condiciones implica que el método de mínimos cuadrados produce estimadores óptimos, en el sentido que los parámetros estimados van a estar centrados y de mínima varianza (Rojo Abuín, 2007).

Lo anterior quiere decir que no sólo basta con verificar los estimadores de bondad de ajuste del modelo, como: R^2 , el estadístico F y el estadístico T; sino, además, comprobar las condiciones del Teorema de Gauss-Márkov para seleccionar el modelo.

Dado que el edificio matemático subyacente a la regresión lineal empleando el método de mínimos cuadrados es complejo y extenso, las pretensiones de este trabajo son desarrollar los pasos necesarios para elegir el mejor modelo regresor a partir de los resultados de dicha estructura matemática, sin entrar en detalles de complejos desarrollos matemáticos. (Carmona, 2003) y (Novales, 2010) presentan detallados estudios matemáticos sobre la regresión lineal.

En la literatura técnica, las variables independientes reciben el nombre de: explicativas, predictoras, regresoras, exógenas, de entrada o variables X . La variable dependiente toma los nombres: variable respuesta, de salida, endógena, explicada, dependiente o Y . A lo largo de este trabajo se utilizará indistintamente cualquiera de estos nombres.

2. El coeficiente de determinación múltiple R^2 y R_a^2

Uno de los estadísticos para evaluar la bondad de ajuste del modelo es el coeficiente de determinación múltiple, R^2 .

$$R^2 = \frac{\text{Varianza explicada}}{\text{Varianza total}}$$

De la ecuación anterior se deduce que R^2 mide la proporción de la variabilidad total explicada por el modelo — la variabilidad debida a la regresión o explicada—.

El problema de este estadístico, es que es muy sensible al número de variables; al adicionar variables el estadístico se incrementa, ya sea que contribuyan o no al modelo. Es posible que modelos con R^2 altos sean malos en la predicción o estimación (Mendoza H, 2002).

Dado que R^2 es afectado por el número de variables y por el tamaño de la muestra, los programas estadísticos presentan el estadístico R_a^2 — Coeficiente de determinación múltiple ajustado — el cual tiene en cuenta estas dos características.

$$R_a^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) (1 - R^2)$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra

p : Número de parámetros de la muestra (variables explicativas).

De la ecuación se concluye que R_a^2 siempre es menor que uno y menor que R^2 .

3. El problema de la multicolinealidad

La multicolinealidad se presenta cuando dos o más variables regresoras presentan un alto grado de correlación, es decir, son linealmente dependientes y, por tanto, son una combinación lineal.

Cuando la multicolinealidad es perfecta, $R^2 = 1$, la matriz $X^t X$, donde X es la matriz de las variables regresoras, no tiene inversa puesto que su determinante es singular y, por tanto, la solución de la ecuación matricial $Y = \beta X + e$ (Y matriz de las variables dependientes o endógenas y e matriz de los residuales) conduce a la singularidad del infinito.

Cuando la multicolinealidad es aproximada, es decir, existe una relación lineal aproximada entre dos o más variables explicativas, la matriz $X^t X$ es invertible, pero como su determinante será muy próximo a cero, la inversa tendrá valores muy altos.

Esta situación trae como consecuencia que la varianza de los coeficientes estimados será muy grande, muy sensibles ante pequeños cambios en los datos y coeficientes de determinación elevados.

Para detectar la multicolinealidad en una muestra, se utilizan varios métodos, entre ellos están: **Número de condición**, el cual se define como la raíz cuadrada del cociente entre el valor propio más grande de la matriz $X^t X$ y el más pequeño; para valores entre 20 y 30 se considera que hay problemas de multicolinealidad, y para valores mayores a 30 se considera

que no hay multicolinealidad (Salmerón Gómez, 2012). **Factor de Inflación de la Varianza, FIV**, el cual se define para cada uno de los coeficientes del modelo como:

$$FIV(\hat{\beta}) = \frac{1}{1 - R_i^2}, i = 2, \dots, k$$

Donde:

R_i : Coeficiente de correlación múltiple de la variable regresora x_i con todas las demás variables regresoras.

Algunos autores consideran que hay multicolinealidad cuando el **FIV** es mayor que 10 (Carmona, 2003), (Aparicio, Martínez Mayoral, & Morales, 2006); otros consideran como valor crítico 5 (Andreasi, 2009). En este trabajo se considerará como crítico el valor 5.

4. Desarrollo de la RLM

4.1. Consideraciones preliminares

El ejercicio que se desarrollará paso a paso, consiste en encontrar la mejor ecuación para predecir la resistencia a 28 días (R_{28}) del cemento en función de variables como: LOI, SiO_2 , Al_2O_3 , etcétera.

Inicialmente la muestra consta de 100 registros y 15 variables explicativas.

Ya que para determinar el grado de precisión, según la norma brasilera NBR 14653-2:2011, se requiere la amplitud de un intervalo de confianza, se tomará un registro en particular para evaluar dicho intervalo mediante el complemento PHStat2.

Por razones de espacio, no se mostrarán todos los datos de la muestra.

Los datos son los siguientes. Ver Tabla 1:

Tabla 1. Datos iniciales para la regresión

Reg	R28	LOI	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Na2O	K2O	Cl	Na2S	Na2SO4	Residuo	Sig	1-20	30-40
1	26.67	14.58	17.20	3.62	1.57	58.80	1.20	2.60	0.02	0.27	4.73	32.97	33.30	34.44	68.51	7.05	
2	27.65	14.70	17.40	3.47	1.29	58.74	1.02	1.72	0.14	0.24	5.01	33.29	32.09	33.27	69.48	7.34	
3	29.71	14.98	17.56	3.44	1.38	58.83	1.09	2.68	0.08	0.26	4.88	33.55	33.10	34.26	71.37	4.47	
4	26.57	14.98	17.63	3.50	1.38	58.21	1.05	3.38	0.30	0.28	5.21	35.12	32.00	34.42	68.45	7.13	
5	27.25	15.47	17.29	3.47	1.48	58.16	1.02	2.76	0.00	0.30	4.95	34.82	32.50	33.11	69.17	7.72	
6	26.76	15.30	17.43	3.50	1.49	58.49	1.05	3.13	0.07	0.30	5.05	34.34	32.60	34.65	68.29	7.06	
7																	
8	1.86	28	2.37	48	2.56	68	2.68	88	2.77								
9	1.92	29	2.38	49	2.57	69	2.69	89	2.77								
10	1.96	30	2.39	50	2.58	70	2.69	90	2.77								
11	2.00	31	2.41	51	2.58	71	2.70	91	2.78								
12	2.04	32	2.43	52	2.59	72	2.70	92	2.78								
13	2.07	33	2.45	53	2.60	73	2.71	93	2.78								
14	2.10	34	2.44	54	2.60	74	2.71	94	2.79								
15	2.13	35	2.45	55	2.61	75	2.71	95	2.79								
16	2.16	36	2.46	56	2.62	76	2.72	96	2.79								
17	2.18	37	2.47	57	2.62	77	2.72	97	2.80								
18	2.20	38	2.48	58	2.63	78	2.73	98	2.80								
19	2.22	39	2.49	59	2.63	79	2.73	99	2.80								
20	2.24	40	2.50	60	2.64	80	2.74	100	2.81								

Fuente: elaboración propia.

4.1. Verificación de valores atípicos (outliers) en la muestra

El objetivo de esta verificación, antes de efectuar la regresión, es determinar qué puntos alteran la media de la muestra; para ello se empleará el criterio de Chauvenet. El criterio se aplicará sobre la variable respuesta.

Según Chauvenet, el dato se rechaza si:

$$|X_i - \bar{X}| > k_n \times S$$

Donde:

X_i : Valor i-ésimo de la muestra.

$\bar{X}$: Media muestral.

k_n : Coeficiente de Chauvenet, el cual es función del número de datos, n , de la muestra. Ver Tabla 2.

S : Desviación estándar muestral.

La tabla siguiente proporciona el coeficiente k_n para una muestra con 100 registros.

Tabla 2. Valores del coeficiente de Chauvenet

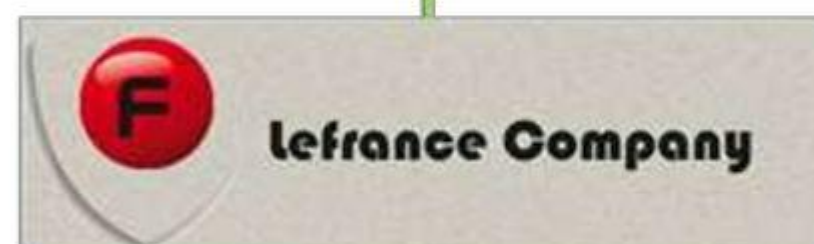
n	k _n	n	k _n	n	k _n	n	k _n	n	k _n
1	0.68	21	2.26	41	2.51	61	2.64	81	2.74
2	1.15	22	2.26	42	2.52	62	2.65	82	2.74
3	1.38	23	2.30	43	2.52	63	2.66	83	2.75
4	1.54	24	2.31	44	2.53	64	2.66	84	2.75
5	1.65	25	2.33	45	2.54	65	2.67	85	2.76
6	1.73	26	2.34	46	2.55	66	2.67	86	2.76
7	1.80	27	2.36	47	2.56	67	2.68	87	2.76
8	1.86	28	2.37	48	2.56	68	2.68	88	2.77
9	1.92	29	2.38	49	2.57	69	2.69	89	2.77
10	1.96	30	2.39	50	2.58	70	2.69	90	2.77
11	2.00	31	2.41	51	2.58	71	2.70	91	2.78
12	2.04	32	2.43	52	2.59	72	2.70	92	2.78
13	2.07	33	2.45	53	2.60	73	2.71	93	2.78
14	2.10	34	2.44	54	2.60	74	2.71	94	2.79
15	2.13	35	2.45	55	2.61	75	2.71	95	2.79
16	2.16	36	2.46	56	2.62	76	2.72	96	2.79
17	2.18	37	2.47	57	2.62	77	2.72	97	2.80
18	2.20	38	2.48	58	2.63	78	2.73	98	2.80
19	2.22	39	2.49	59	2.63	79	2.73	99	2.80
20	2.24	40	2.50	60	2.64	80	2.74	100	2.81

Fuente: elaboración propia.

Cuando se detecta un valor atípico, se retira de la muestra y se vuelve a evaluar, y así hasta no encontrar más valores atípicos.

Al aplicar el criterio, se obtiene que el registro número 60 (36.59Mpa) es un valor atípico, por lo cual se retirará de la muestra.

Este es el único valor atípico, por lo que la muestra se reduce a 99 registros.



Ingrese a:

<http://flashaudit.mantonline.com/>

Auto evalúese y obtenga el punto de partida para el mejoramiento del 2015

GRATIS

Sus datos son confidenciales y solo se utilizarán para generar el promedio de todas las empresas con las cuales usted se podrá comparar y alcanzar niveles de clase mundial.



Escuela Especializada de Mantenimiento



Flash Audit

a. Verificación de la multicolinealidad

Para verificar la multicolinealidad (Ver §3, página 25), primero se obtendrá la matriz de correlación empleando Excel. **Correlaciones por encima de 0.7** son un indicador de posible multicolinealidad. Según (Andreasi, 2009), correlaciones por encima de este valor son perjudiciales para el modelo. Ver Tabla 3 de correlaciones.

Tabla 3. Correlaciones entre variables

Variable	LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	R.I	%AD	%AD Banda	3-30µ	<3µ
LOI	1													
SiO ₂	-0.28	1												
Al ₂ O ₃	-0.49	-0.54	1											
Fe ₂ O ₃	-0.40	-0.48	-0.11	1										
CaO	0.91	0.43	-0.72	-0.88	1									
MgO	-0.09	0.08	0.24	0.07	0.28	1								
SiO ₂	-0.12	0.57	0.17	0.34	-0.18	-0.11	1							
Na ₂ O	-0.02	-0.30	0.27	0.36	0.23	-0.10	0.18	1						
K ₂ O	0.29	-0.52	0.18	0.20	-0.80	-0.38	0.29	0.04	1					
R.I	-0.40	-0.34	0.24	0.40	-0.12	-0.10	0.12	0.34	-0.25	1				
%AD	-0.59	-0.76	0.08	-0.38	-0.27	-0.50	-0.10	-0.28	-0.22	-0.58	1			
%AD Banda	0.18	0.11	-0.12	-0.10	-0.10	-0.17	0.13	-0.04	0.07	0.13	-0.10	1		
3-30µ	-0.34	0.10	0.18	0.13	-0.28	-0.10	0.10	0.12	0.08	-0.10	0.18	0.18	1	
<3µ	0.44	-0.07	0.21	-0.17	0.36	0.24	0.14	-0.08	-0.02	0.17	-0.22	-0.28	0.21	1
<3µ	-0.17	-0.18	0.19	0.10	-0.13	0.10	-0.10	-0.10	0.13	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10

De la tabla se observa que las variables: Al₂O₃ y SiO₂ presentan una correlación de 0.81; CaO y SiO₂ de 0.72; %AD y LOI de 0.72; 3-30µ y <3µ de 0.76. Dadas estas correlaciones, que perjudican al modelo, una de estas variables debe ser excluida. Para determinar cuál variable debe ser excluida se calculará el **FIV** a través del complemento PHStat2.

Los resultados proporcionados por PHStat2 son los siguientes:

Variable	FIV	Variable	FIV	Observación
LOI (X1)	8.51	K ₂ O (X9)	2.19	
SiO ₂ (X2)	10.49	R.I (X10)	3.26	
Al ₂ O ₃ (X3)	5.30	%AD (X11)	7.03	
Fe ₂ O ₃ (X4)	2.73	% AD Banda (X12)	1.74	
CaO (X5)	4.76	< 3 µ (X13)	8.1 Div/0	Correlación perfecta.
MgO (X6)	1.61	3 ~ 30 µ (X14)	8.1 Div/0	Correlación perfecta.
SO ₃ (X7)	1.18	> 30 µ (X15)	8.1 Div/0	Correlación perfecta.
Na ₂ O (X8)	1.40			

Las variables: X1, X2, X3, X11, X13, X14 y X15 presentan FIV's mayores a 5, pero las variables X2, X13, X14 y X15 presentan los mayores valores, por lo tanto se excluirán de la muestra y se hará una nueva verificación de los FIV's.

Los nuevos datos son los siguientes —Ver Tabla 4—:

Tabla 4. Datos sin las variables X2, X13, X14 y X15

Reg.	R.28	SiO ₂ (X1)	Al ₂ O ₃ (X3)	Fe ₂ O ₃ (X4)	CaO (X5)	MgO (X6)	SiO ₂ (X1)	Na ₂ O (X8)	K ₂ O (X9)	R.I (X10)	%AD (X11)	%AD Banda (X12)
1	26.67	14.59	3.8382	1.57118	18.7955	1.18881	1.80008	0.00084	0.18817	4.72	32.30	32.30
2	27.65	14.70	3.46844	1.59274	18.7318	1.01757	1.72	0.13998	0.23725	1.01	33.03	33.03
3	28.71	14.88	3.44183	1.58451	18.8268	1.00145	1.692	0.07777	0.26006	4.88	33.10	33.10
4	26.57	14.98	3.49727	1.58197	18.2207	1.05184	1.681	0.24982	0.27631	5.21	32.00	32.00
5	27.25	15.47	3.4889	1.47548	18.157	1.02472	1.75547	0.00131	0.29888	4.93	32.50	32.50
6	28.78	15.20	3.4989	1.49248	18.49	1.04638	1.121	0.06733	0.30023	5.01	32.60	32.60
10	28.2	15.17	3.47358	1.54073	18.92	1.04648	1.1162	0.0045	0.33377	0.48	32.90	32.90
11	30.49	15.18	3.49051	1.50182	18.5488	1.06796	1.08899	0.01818	0.32617	4.82	33.30	33.30
12	28.57	15.44	3.5887	1.47557	18.3777	1.05284	1.98915	0.05752	0.32907	5.75	34.02	34.02
13	28.47	15.84	3.49881	1.61847	18.5186	1.10672	2.4478	0.0249	0.38981	5.01	33.78	33.78
14	28.25	15.56	3.50981	1.60007	18.1707	1.08177	2.8098	0.04452	0.42477	4.3	33.00	33.00
15	26.31	15.69	3.44672	1.6082	18.0114	1.0678	1.07591	0.02934	0.38464	4.59	34.40	34.40
87	30.82	14.53	3.4228	1.02001	18.9095	1.25485	2.851	0.14221	0.41538	5.47	33.20	33.20
88	31.47	14.57	3.82021	1.19931	18.4064	1.22349	2.751	0.15012	0.44524	3.09	33.90	33.90
89	31.24	14.83	3.50775	1.06335	18.7252	1.24875	2.701	0.1493	0.43021	3.18	34.30	34.30
90	30.98	14.42	3.41950	1.04213	18.2808	1.12001	2.68	0.14587	0.41636	5.3	34.20	34.20
91	30.18	14.29	3.53275	1.04678	18.3994	1.25118	2.36644	0.13999	0.42376	3.71	34.40	34.40
92	29.37	14.55	3.47813	1.94225	18.6404	1.21395	2.46402	0.15025	0.39697	3.8	33.00	33.00
93	30.06	13.98	3.45618	1.89832	18.7847	1.17908	2.85502	0.14442	0.3879	3.93	34.00	34.00
94	31.53	14.41	3.35551	1.81282	18.6091	1.12895	3.08	0.16252	0.37905	3.41	34.31	34.31
95	28.71	15.33	3.35548	1.81085	18.5214	1.13488	2.42071	0.14286	0.36806	3.36	34.90	34.90
96	28.12	16.18	3.32189	1.79842	18.7172	1.15713	2.81355	0.1422	0.37787	3.4	35.00	35.00
97	28.01	14.54	3.38442	1.81862	18.6238	1.15987	2.87878	0.16134	0.3854	3.38	34.70	34.70
98	29.27	15.72	3.28881	1.79007	18.2615	1.10858	2.85	0.12043	0.38415	3.89	35.11	35.11
99	31.1	15.49	3.44745	1.8238	18.8516	1.17436	2.71608	0.12103	0.34557	3.41	32.78	32.78

Los nuevos FIV's proporcionados por PHStat2, son:

Variable	FIV	Variable	FIV
LOI (X1)	5.75	Na ₂ O (X8)	1.36
Al ₂ O ₃ (X3)	4.02	K ₂ O (X9)	2.08
Fe ₂ O ₃ (X4)	2.12	R.I (X10)	3.02
CaO (X5)	3.52	%AD (X11)	6.98
MgO (X6)	1.46	% AD Banda (X12)	1.35
SO ₃ (X7)	1.15		

Las variables X1 y X11 presentan FIV's mayores a cinco, pero el FIV de la variable X11 es mayor, por lo cual se excluirá de la muestra. Ver Tabla 5.

Los nuevos FIV's son los siguientes:

Reg.	R.28	SiO ₂ (X1)	Al ₂ O ₃ (X3)	Fe ₂ O ₃ (X4)	CaO (X5)	MgO (X6)	SiO ₂ (X1)	Na ₂ O (X8)	K ₂ O (X9)	R.I (X10)	%AD Banda (X12)
1	26.67	14.59	3.8382	1.57118	18.7955	1.18881	1.80008	0.00084	0.18817	4.72	32.30
2	27.65	14.70	3.46844	1.59274	18.7318	1.01757	1.72	0.13998	0.23725	1.01	33.03
3	28.71	14.88	3.44183	1.58451	18.8268	1.00145	1.692	0.07777	0.26006	4.88	33.10
4	26.57	14.98	3.49727	1.58197	18.2207	1.05184	1.681	0.24982	0.27631	5.21	32.00
5	27.25	15.47	3.4889	1.47548	18.157	1.02472	1.75547	0.00131	0.29888	4.93	32.50
6	28.78	15.20	3.4989	1.49248	18.49	1.04638	1.121	0.06733	0.30023	5.01	32.60
10	28.2	15.17	3.47358	1.54073	18.92	1.04648	1.1162	0.0045	0.33377	0.48	32.90
11	30.49	15.18	3.49051	1.50182	18.5488	1.06796	1.08899	0.01818	0.32617	4.82	33.30
12	28.57	15.44	3.5887	1.47557	18.3777	1.05284	1.98915	0.05752	0.32907	5.75	34.02
13	28.47	15.84	3.49881	1.61847	18.5186	1.10672	2.4478	0.0249	0.38981	5.01	33.78
14	28.25	15.56	3.50981	1.60007	18.1707	1.08177	2.8098	0.04452	0.42477	4.3	33.00
15	26.31	15.69	3.44672	1.6082	18.0114	1.0678	1.07591	0.02934	0.38464	4.59	34.40
87	30.82	14.53	3.4228	1.02001	18.9095	1.25485	2.851	0.14221	0.41538	5.47	33.20
88	31.47	14.57	3.82021	1.19931	18.4064	1.22349	2.751	0.15012	0.44524	3.09	33.90
89	31.24	14.83	3.50775	1.06335	18.7252	1.24875	2.701	0.1493	0.43021	3.18	34.30
90	30.98	14.42	3.41950	1.04213	18.2808	1.12001	2.68	0.14587	0.41636	5.3	34.20
91	30.18	14.29	3.53275	1.04678	18.3994	1.25118	2.36644	0.13999	0.42376	3.71	34.40
92	29.37	14.55	3.47813	1.94225	18.6404	1.21395	2.46402	0.15025	0.39697	3.8	33.00
93	30.06	13.98	3.45618	1.89832	18.7847	1.17908	2.85502	0.14442	0.3879	3.93	34.00
94	31.53	14.41	3.35551	1.81282	18.6091	1.12895	3.08	0.16252	0.37905	3.41	34.31
95	28.71	15.33	3.35548	1.81085	18.5214	1.13488	2.42071	0.14286	0.36806	3.36	34.90
96	28.12	16.18	3.32189	1.79842	18.7172	1.15713	2.81355	0.1422	0.37787	3.4	35.00
97	28.01	14.54	3.38442	1.81862	18.6238	1.15987	2.87878	0.16134	0.3854	3.38	34.70
98	29.27	15.72	3.28881	1.79007	18.2615	1.10858	2.85	0.12043	0.38415	3.89	35.11
99	31.1	15.49	3.44745	1.8238	18.8516	1.17436	2.71608	0.12103	0.34557	3.41	32.78



¿Y usted qué espera para hacer parte de esta gran familia?

Más de 14.000 suscriptores.

Los mejores profesionales de Latinoamérica.

Las Mejores empresas patrocinadoras.

Ventas:

revista@mantenimientoenlatinoamerica.com

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS CONFIABILIDAD DESDE EL DISEÑO ALINEADA A LA GESTIÓN DE ACTIVOS

ISO 55000 (Primera parte)



Por:

Msc. Alexis Lárez A.

Ingeniero Mecánico

CMRP / Auditor líder de sistemas
de gestión (ISO 55001 / ISO 9001)

Docente Universitario
alarez39@gmail.com

Venezuela

Las organizaciones actualmente se encuentran sometidas a fuerzas externas que se convierten en factores determinantes para garantizar su continuidad operacional, por lo tanto la forma como estas logran gestionar elementos como: la alta competitividad, la globalización de los mercados y las fluctuaciones económicas determinaran el impacto que estos elementos puedan tener en sus procesos. De allí que estas nuevas necesidades operacionales han generado que se crean nuevos requerimientos para que estas organizaciones puedan garantizar la sostenibilidad de sus operaciones y la rentabilidad del negocio adecuada a las nuevos requerimientos de los mercados.

Para dar respuestas a estos requerimientos podemos hablar de Gestión de activos, definida según la norma ISO 55000-2014, como las actividades y prácticas coordinadas, sistémica y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja de forma óptima y sustentablemente su sistemas de activos, desempeño, riesgos y gastos asociados a lo largo del ciclo de vida con el propósito de lograr las metas establecidas dentro de su plan estratégico.

Por lo que este artículo busca en este contexto desarrollar un enfoque que permita establecer, de qué manera las herramientas de confiabilidad pueden generar valor a la organización cuando son implementadas desde las etapas tempranas del diseño de plantas o industrias.

Mantenimiento ocasiona entre el 20% al 30% de los gastos de la empresa. ¿Será que podemos aportar?

Un OEE entre el 70% a 85% nos ubica entre las empresas del montón.

1.1 Definición y consideraciones de la confiabilidad desde la etapa del diseño

Cuando se habla de confiabilidad desde la etapa del diseño, se hace referencia a la integración y convergencia de dos disciplinas que deben formar parte de la fase de adquisición señalada en la figura 1, dentro del ciclo de vida de los activos, definida según las ISO 55000-2014, como las etapas de la gestión de un activo.



Figura 1. Fases del ciclo de vida de los activos Blanchard and Fabrycky (1998)

Según ISO 55000-2014, “La gestión de activos permite que una organización examine la necesidades del sistemas de activos y el desempeño de los mismos en diferentes niveles. Además, permite la aplicación de enfoques analíticos para la administración de un activo a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo de vida (que puede comenzar con la concepción de la necesidad de un activo, hasta su disposición e incluye la gestión de cualquier obligación potencial posterior a su disposición).

Adicionalmente ISO 55002-2014 (parágrafo 9.1.2.4) hace la referencia en el contexto de la mejora continua, que la organización puede adquirir el conocimiento sobre nuevas tecnologías y prácticas acerca de la gestión de activos, incluyendo nuevas herramientas y técnicas (por ejemplo desarrollo de tecnologías de confiabilidad durante la adquisición de activos nuevos o el diseño de activos modificados). Esto debería evaluarse para establecer sus beneficios potenciales para la organización.

De allí la importancia de romper con un paradigma industrial que permita a las organizaciones adecuarse a las nueva realidades de los negocios que los lleve a buscar el aprovechamiento de la sinergia de dos áreas (gestión de proyectos y gestión de confiabilidad), tanto la gestión de proyectos como la gestión de confiabilidad se miran como disciplinas independientes y sin ninguna relación entre ellas, de hecho la gestión de proyecto suele asociarse a las áreas de ingeniería y proyectos, y por otro lado la gestión de confiabilidad al área de mantenimiento.(Reza, D Y Shaghayegh, Y. 2012).

Adicionalmente es importante considerar, en la etapa de diseño, aspectos de construcción e instalación bajo esquemas de rentabilidad, seguridad, mantenibilidad y posibles contingencias para garantizar que las acciones de operación, mantenimiento y seguridad puedan llevar a cabo de forma confiable y segura permitiendo, a su vez, garantizar el cumplimiento de las condiciones especificadas para la operación. Es aquí donde hablamos de un concepto

combinado para el diseño y preparación óptima de la puesta en servicio de un sistema de activos (Planta). En esta fase debe involucrarse al fabricante de los activos para que suministre documentos o especificaciones que contengan las características de seguridad y operación.

La confiabilidad desde el diseño puede ser definida como la aplicación y uso de herramientas de confiabilidad en la fase inicial del proyecto para mitigar la existencia de incertidumbre o riesgo de falla de los activos, por lo tanto el análisis de confiabilidad es una herramienta cada vez más importante que ayuda a los ingenieros a considerar incertidumbres durante el diseño, la construcción y el total del ciclo de vida de los activos o instalaciones con el fin de predecir su probabilidad de falla durante su ciclo de vida. (Karadeniz, H, Togan, V y Vrouwenvelder, T, 2009).

La aplicación de herramientas de confiabilidad tendrán un mayor impacto en los resultados si ésta es aplicada desde la etapa más temprana de un proyecto (fase de diseño del proyecto), razón por la cual se hace necesaria la generación de procesos que especifique las acciones a seguir asociadas a la implementación de la confiabilidad en todas las fases del mismo.

Por otro lado la disponibilidad operacional del sistema es una función de su confiabilidad y Mantenibilidad (facilidad de mantenimiento): la disponibilidad operacional puede incrementarse o disminuir, si incrementa o disminuye la confiabilidad, mientras que la mantenibilidad se mantiene sin cambios, por lo tanto la mantenibilidad podemos definirla como el grado con el cual un sistema puede ser mantenido para optimizar la disponibilidad y reducir al mínimo el tiempo de las paradas. La necesidad de lograr niveles óptimo de confiabilidad y mantenibilidad para los sistemas de activos deben ser plenamente entendidos por los diseñadores y fabricante, puesto que ello tiene un gran impacto, en el desempeño eficaz y eficiente de los activos en la etapa de operación mantenimiento. El diseño adecuado para garantizar la confiabilidad y facilidad de mantenimiento puede incrementar la disponibilidad operacional del sistema, garantizar un mejor desempeño y por lo tanto aumentar productividad. (Wu, S y Clements - Croome, D. 2006)

Según la norma ISO14224, entendiendo la confiabilidad y mantenibilidad como atributo de los activos, estos deben ser incorporados como parte del proceso de diseño y abordarse formalmente en cada una de las revisiones de éste (Visualización, Conceptualización y Desarrollo). Referencias sobre la confiabilidad y el diseño de mantenimiento se pueden encontrar en las normas militares (MOD Reino Unido DEF STAN-00-41, Parte 1/2. Reliability Design Philosophy). Sin embargo, existen diferencias entre las necesidades militares y las necesidades de los negocios actuales.

Según Wu, S y Croome, D. (2006) Las mejoras que pueden ser incorporadas en la etapa del diseño de los activos contribuirán a sostener niveles de confiabilidad y mantenibilidad a lo largo del ciclo de vida y estas pueden ser llevadas a cabo en tres niveles: nivel de sistema para la

operación, nivel de proceso y nivel de componentes. La figura 2, enumera algunas consideraciones necesarias para la garantizar la confiabilidad desde la etapa del diseño en los tres niveles según Wu, S y Croome, D. (2006).



Figura. 2 Consideraciones necesarias para el diseño de la confiabilidad y mantenibilidad en tres niveles. Adaptada de (Wu, S y Croome, D. 2006)

Existen varias interpretaciones relativas a la taxonomía de las etapas del ciclo de vida de los proyecto de plantas o sistemas de construcción. Por ejemplo, John et al. (2003) sugiere que hay cinco etapas. Por lo general estas son: las especificaciones y requisitos del cliente, diseño, instalación, operación y mantenimiento, y las fases de desincorporación / reutilización / reciclaje. (Evans et al. 1998) divide el ciclo de vida en tres etapas: Diseño y construcción, período de funcionamiento, y la desincorporación / reciclaje.

La confiabilidad se asocia con cada etapa de todo el ciclo de vida de los proyectos de plantas o sistemas de construcción. Se inicia con los requisitos y especificaciones del cliente; la instalación, operación y mantenimiento son cuestiones importantes que afectan a la confiabilidad de los sistemas. Por ejemplo, si el sistema fue diseñado con una escasa confiabilidad inherente, entonces no importa lo bien que esté instalado, mantenido y operado, seguirá siendo poco confiable hasta que la acción re-diseño se lleve a cabo. La Tabla 1 muestra algunos elementos del Costo del ciclo de vida (LCC) que influyen sobre la confiabilidad en cada etapa del ciclo de vida de la planta o sistema. (Wu, S y Clements - Croome, D. 2006)

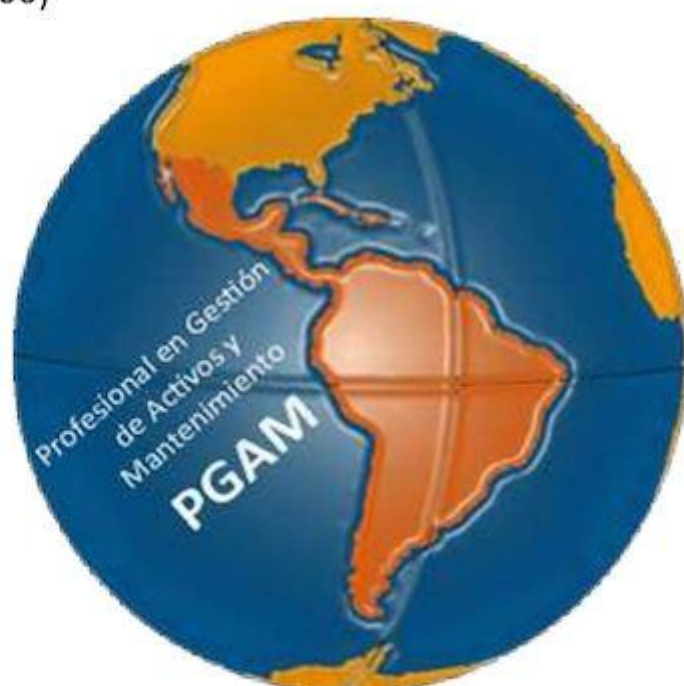


Tabla 1. Elementos que influyen sobre la confiabilidad en cada etapa del ciclo de vida de la planta o sistema, adaptada ((Wu, S y Clements-Croom, D. 2006)

Etapas del Ciclo de vida del Sistema	Elementos que influyen en la confiabilidad
Especificaciones y Requerimiento del cliente	Definición de requerimientos
	Análisis de requerimientos
	Traducción Requerimientos
	Estrategia de soporte
Diseño	Integración de sistemas
	Trade off
	Selección de materiales
	Control de calidad
Construcción, Instalación y Comisionamiento	Configuración y manejo de cambios
	Políticas de reparación
	Estrategias de prueba
	Reparación y decisiones de desincorporación
Operaciones y Mantenimiento	Análisis soporte de soluciones
	Análisis del costo del ciclo de vida
	Formación
	Documentación
Desincorporación / Reutilización o reciclaje	Empaque y transporte
	Gestión de la instalación
	Pruebas
	Información técnica
	Mantenimiento eficiente
	Recolección de datos
	Uso
	Formación
	Desincorporación
	Seguridad
	Reemplazo / renovación
	Esquemas de reutilización / reciclaje

Cuando se habla de confiabilidad desde la etapa del diseño, las especificaciones de los requisitos del cliente en relación a especificaciones de confiabilidad y riesgo deben ser considerados dentro del sistema de estrategia de apoyo. Por lo general, los requisitos de confiabilidad pueden determinarse teniendo en cuenta los elementos críticos que se necesitan para cumplir con las siguientes condiciones: las necesidades del negocio, la relación óptima de costos-riesgo-beneficio, necesidades de suministro, normativa legal, y una robusta gestión. Requisitos de confiabilidad se pueden implementar mediante el establecimiento de asignaciones de confiabilidad para los elementos, subsistemas y sistemas.

La necesidad de lograr niveles óptimo de confiabilidad y mantenibilidad para los sistemas de activos o plantas desde la etapa del diseño deben ser plenamente entendidos por los diseñadores y fabricantes, puesto que ello tiene un gran impacto, en el desempeño eficaz y eficiente de los activos en la etapa de operación y mantenimiento. El diseño adecuado para garantizar la confiabilidad y facilidad de mantenimiento puede incrementar la disponibilidad operacional del sistema, garantizar un mejor desempeño y por lo tanto aumentar productividad. (Wu, S y Clements - Croome, D. 2006).

El desarrollo de proyectos que conllevan a la construcción e instalación de plantas industriales debe ser concebido como la integración de múltiples especialidades para cumplir con las especificaciones del mismo (Alcance, cronograma, costos). Durante la fase del diseño una apropiada metodología de dirección de proyectos, definiría las acciones y lineamientos de confiabilidad que deben considerarse durante la fase de ejecución. Esta metodología va dirigida al personal que

participa durante las fases de diseño de los proyectos y tiene el propósito de asegurar, normalizar y estandarizar, de una manera ordenada, la aplicación de los conceptos, procedimientos y metodologías de confiabilidad durante esta fase, e integrarlas con las actividades y documentos que se generan durante el desarrollo de los proyectos de inversión de capital (Amendola, L. 2013).

Según Schuman, C y Brent, A. (2013) afirman que uno de los elementos clave para llevar a cabo el desarrollo de proyectos de instalaciones y plantas industriales dentro de un óptimo equilibrio costo riesgo y activos confiables, se puede lograr a través de la implementación de los conceptos de confiabilidad desde la etapa más temprana del proyecto o en la etapa de diseño (particularmente en la etapa de definición y conceptualización). Es en esta etapa donde la aplicación de herramientas de confiabilidad tiene la mayor oportunidad de impactar de forma positiva el desempeño de los activos durante su ciclo de vida, puesto que el proyecto es lo suficientemente flexible para ser modificado o rediseñado sin un impacto elevado en los costes y cronograma.

En la práctica existen grandes oportunidades de reducir los costos asociados a la etapa del ciclo de vida, operación y mantenimiento de los activos. Según Schuman, C y Brent, A. (2013) en esta etapa se podría optimizar el 15% de los costes asociados a fallas en la etapa de operación y mantenimiento con una adecuada aplicación de estrategias de confiabilidad desde la etapa del diseño.

La implementación de confiabilidad en la fase de diseño de un proyecto, requiere del trabajo en equipo y la participación

de diferentes especialidades con las competencias (conocimiento, destrezas y habilidades) adecuadas. Para lograr maximizar valor, se requiere una combinación de prácticas de dirección de proyecto, mantenimiento y confiabilidad para lograr un costo óptimo del ciclo de vida.

Adicionalmente al observar la curva de impacto de la confiabilidad en los costos (ver Figura 3), propuesta por Shaomi, et al. (2006), se puede evidenciar que existe una oportunidad de optimización y la correspondiente a la aplicación de los conceptos de confiabilidad en las etapas tempranas del proyecto. Como se aprecia en la figura 3, hay mucha más oportunidad de influenciar los resultados de costo y tiempo en esta etapa, cuando los desembolsos son relativamente menores, que las etapas subsiguientes, cuando se construye, instala y opera la instalación.

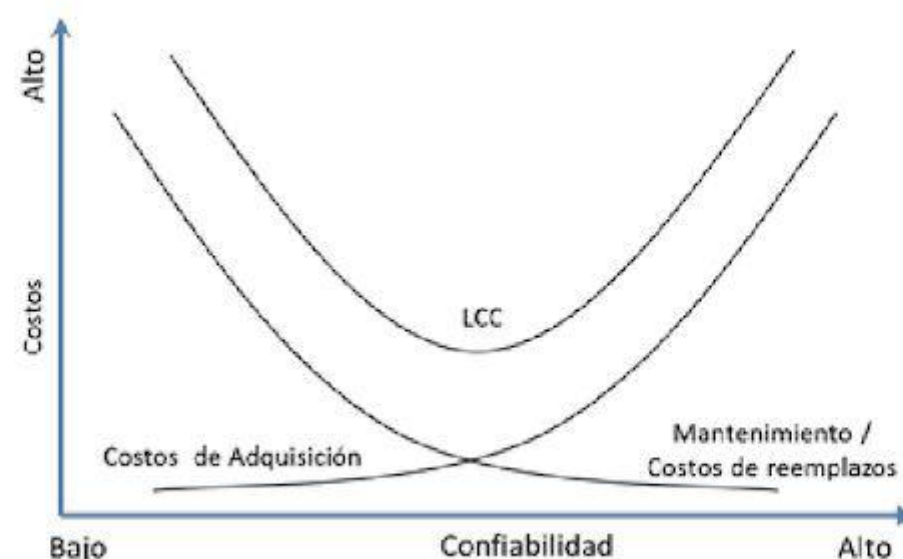


Figura.3. Relación simplificada costos Vs confiabilidad (Shaomi, W. et al 2006)

Mas Información e Inscripciones en

www.mactica.club



Afiliación Estudiante

MES/ COP \$50.000 + IVA

AÑO/ COP\$500.000 + IVA

Afiliación Profesional

MES/ COP \$60.000 + IVA

AÑO/ COP\$700.000 + IVA

Afiliación Empresarial

MES/ COP \$180.000 + IVA

AÑO/ COP\$2.100.000 + IVA

Pedro Silva Consultores & Mantonline SAS

Ingrese a: <http://flashaudit.mantonline.com/>

Auto evalúese y obtenga el punto de partida para el mejoramiento del 2015

GRATIS

Sus datos son confidenciales y solo se utilizaran para generar el promedio de todas las empresas con las cuales usted se podrá comparar y alcanzar niveles de clase mundial.



Escuela Especializada de Mantenimiento



Flash Audit

El "flash audit" es un método de diagnóstico rápido ampliamente utilizado por las empresas debido a su sencillez de aplicación y tino en mostrar la situación actual del área de mantenimiento. No existe una forma estandarizada o única de realizar éste tipo de análisis, pueden existir diversas formas de aplicarlo, depende de los criterios que se quieran evaluar y los resultados que se desean obtener.

Con este método se desarrolla una serie de preguntas con el objetivo de evaluar los diferentes conceptos que tienen tres distintas áreas de la compañía sobre la gestión de mantenimiento; el departamento administrativo, el departamento de mantenimiento y el departamento de producción. A la hora de la elaboración del diagnóstico se utiliza 12 temas fundamentales los cuales están divididos en varios subtemas y con un número definido de preguntas cerradas. Cada pregunta tiene 3 opciones de respuesta y su calificación va desde 1 a 3; donde 1 es la respuesta más óptima y 3 la respuesta más ineficiente.

Bienvenidos a una herramienta que le permitira conocer el estado de la gestión del mantenimiento en su empresa y le brindara la oportunidad de mejorar basado en ella

Hay 384 preguntas en esta encuesta.

Cargar encuesta sin terminar

Siguiente ▶

Salir y borrar la encuesta

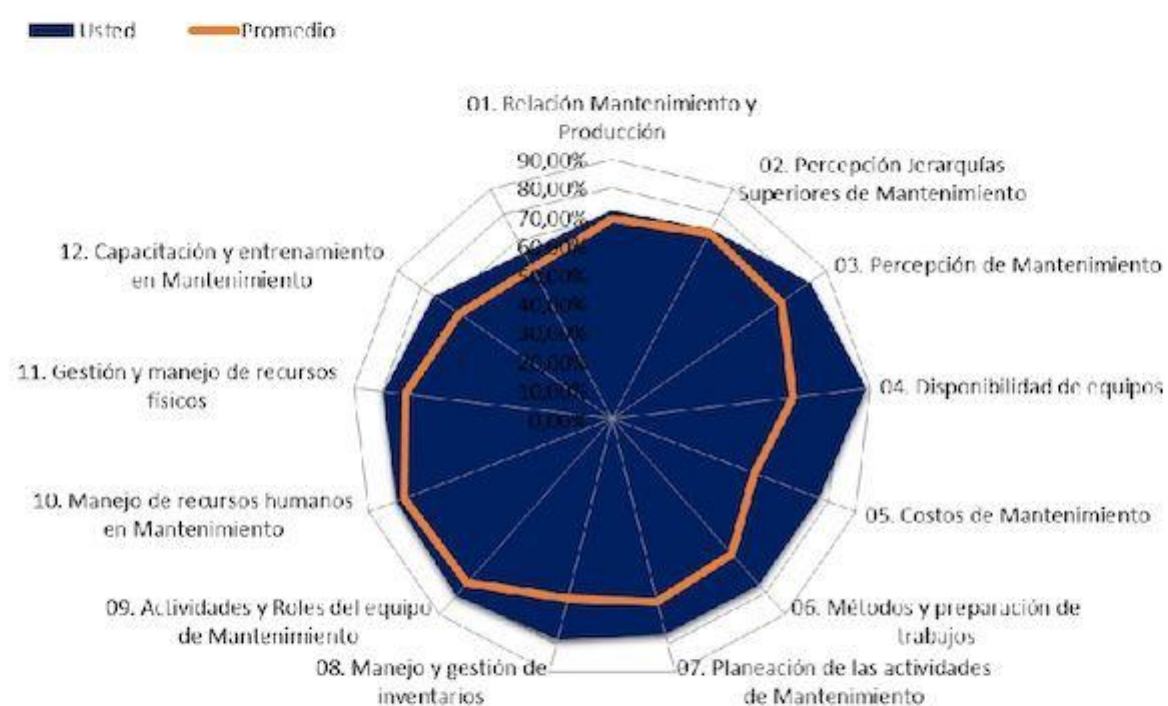
Ingrese a <http://flashaudit.mantonline.com/>

Fortaleza y Debilidad



Datos a Septiembre 2015
¿Y Usted, como lleva su negocio?

Auto auditoría





¿Y usted qué espera para hacer parte de esta gran familia?

Más de 14.000 suscriptores.

Los mejores profesionales de Latinoamérica.

Las Mejores empresas patrocinadoras.

Ventas:

revista@mantenimientoenlatinoamerica.com

Readers Around the World



Publication Performance

Reads Read Time Average Time Spent Impressions



Nos leen en todo el mundo

Haga parte de esta gran familia

Inscríbase

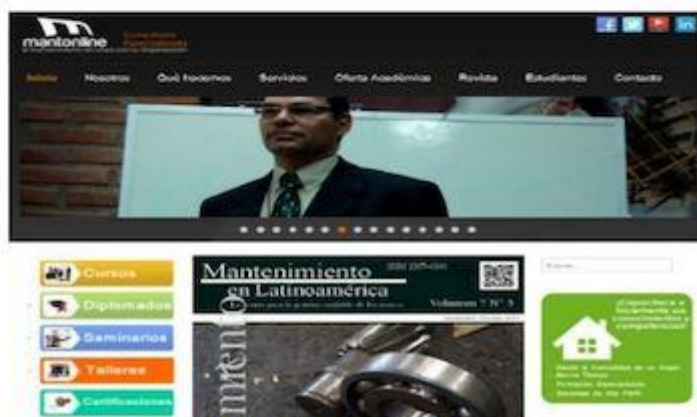
**Paute
Publique**

Mantenimiento en Latinoamérica, la revista de la comunidad de mantenedores de habla hispana y portuguesa

revista@mantenimientoenlatinoamerica.com



Encuentre en Internet



www.mantonline.com, especialistas en gestión de mantenimiento, plantación, estrategia, capacitación.



www.clubdemantenimiento.com.ar/, asociación de mantenedores en Argentina, cursos, talleres, seminarios.



<http://se-gestiona.radical-management.com>



www.mactica.club, Club donde encuentra TODO lo que necesita para gestionar su mantenimiento de forma práctica.



www.pgamlat.com, portal para la certificación en Gestión de activos y mantenimiento para Latinoamérica.



www.insolca.com, especialistas en soluciones informáticas para el mantenimiento.



www.suempresa.com.



www.aciem.org, portal de la Asociación de Ingenieros de Colombia.



www.suempresa.com.



www.suempresa.com.

Conservación Industrial

Para todos los que nos dedicamos de corazón a alguna actividad relacionada con lo que hoy conocemos como "Mantenimiento Industrial" encontraremos en este sitio los conocimientos científicos para evolucionar hacia la Conservación Industrial - CI.

[ver mas...](#)

Socio fundador de la "Asociación Mexicana de Mantenimiento y Preservación Industrial S.C. (AMMPI)"

Curriculum Vitae
Semblanza

www.conservacionindustrial.net,

Para todos los que nos dedicamos de corazón a alguna actividad relacionada con lo que hoy conocemos como Mantenimiento Industrial.

Convocatoria de Artículos

Mantenimiento en Latinoamérica

La Revista para la Gestión Confiable de los Activos

Responsables con el compromiso de convertirse en un espacio vital para que la comunidad de mantenedores de Latinoamérica, que reflexionen y generen nuevo conocimiento en la disciplina, se permite comunicar que su proceso de convocatoria de artículos para su número ordinario bimensual se encuentra abierto.

La revista se constituye en un importante medio para la socialización y visibilidad de aportes que nuestras comunidades de mantenedores vienen desarrollando, en especial, aquellos relacionados con la administración del mantenimiento y la aplicación de labores tendientes a mejorar la confiabilidad de los activos físicos. Así mismo, son bienvenidos aquellos textos de orden interdisciplinario que aborden problemas de la realidad industrial Latinoamericana.

Plazo de entrega: La convocatoria y recepción de artículos es permanente aquellos que se envíen **antes del 15 de los meses de Febrero, Abril, Junio, Agosto, Octubre, Diciembre** de cada año, serán considerados para el número siguiente. **Sin embargo pueden ser considerados en el Volumen 8, Número 5 de la revista, aquellos que lleguen hasta el 15 de Agosto de 2016.**

Política editorial: Quince días después de la fecha de recepción de las colaboraciones el Comité editorial notificará a sus autores si cumplen los requerimientos de calidad editorial y pertinencia temática por lo cual serán publicados.

Pautas editoriales:

1. Presentación del texto: enviar archivo electrónico en formato Word 2007, letra Arial, tamaño 10, a espacio sencillo, hoja tamaño carta con una extensión máxima de 15 hojas.
2. Contenido del texto: una portada que contenga: título del artículo y nombre del autor (o autores, sin son varios), títulos académicos o cargos que indiquen su autoridad en la materia.

Adicionalmente, se debe incluir:

- Fotografía del autor en formato JPG.
- Las direcciones electrónicas y país de Origen.
- Las citas bibliográficas, deben de ser escritas preferiblemente en forma manual y no con la función del Word.
- Referencias: Bibliografía y/o Cibergrafía.
- Ilustraciones, gráficos y fotografías: Deben ser originales, para mayor calidad al imprimir. Y de ser tomadas de otro autor citando su fuente y en lo posible adjuntar su permiso de utilización y deben ser en formato JPG.

PARA TENER EN CUENTA:

- Ni la Revista, ni el Comité Editorial se comprometen con los juicios emitidos por los autores de los textos. Cada escritor asume la responsabilidad frente a sus puntos de vista y opiniones.
- Es tarea del Comité Editorial revisar cada texto y si es el caso, sugerir modificaciones. Igualmente puede devolver aquellos que no se ajusten a las condiciones exigidas.
- No tienen que ser artículos de carácter "científico" la revista es de todos los mantenedores y quienes apoyen o interactúen con ellos.
- Dirección de envío: Los artículos deben ser remitidos al editor de la revista a los siguientes correos electrónicos en los plazos indicados anteriormente: revista@mantenimientoenlatinoamerica.com

¡Esperamos sus trabajos!

Mantenimiento

en



Latinoamérica

